

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-323749  
 (43)Date of publication of application : 14.11.2003

(51)Int.CI. G11B 11/105

(21)Application number : 2002-086888

(71)Applicant : HITACHI MAXELL LTD

(22)Date of filing : 26.03.2002

(72)Inventor : AWANO HIROYUKI

SEKINE MASAKI

TANI MANABU

IMAI SUSUMU

INOUE KAZUKO

SUZUKI YOSHIKAZU

KODA YASUHIKO

ISHIZAKI OSAMU

SHIMAZAKI KATSUSUKE

(30)Priority

Priority number : 2001088398 Priority date : 26.03.2001 Priority country : JP  
 2002054614 28.02.2002

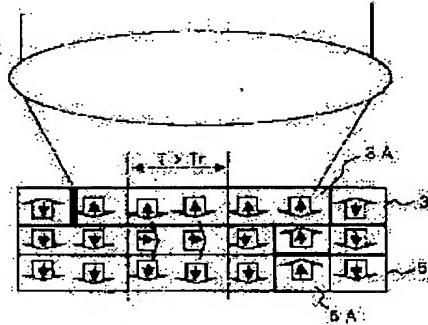
JP

## (54) MAGNET-OPTICAL RECORDING DISK AND ITS REPRODUCTION METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magneto-optical recording medium that can eliminate ghost signals and expand and reproduce magnetic domains without applying reproduction magnetic fields.

**SOLUTION:** The magneto-optical recording medium has a recording layer 5, an intermediate layer 4, and a reproduction layer 3. The reproduction layer 3 is made of a rare earth predominant transition metal alloy, and the intermediate layer 4 and the recording layer 5 are made of transition metal predominant are earth transition metal alloy. The intermediate layer 4 shows in-surface magnetization at 140° C or lower and cuts off the exchange coupling of the recording layer 5 and the reproduction layer 3. By the static magnetic repulsion between the intermediate layer 4 and the reproduction layer 3, the magnetic domains 3A transferred to the reproduction layer 3 expand to the minimum size of the magnetic domain. Thus, ghost signals are eliminated.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)特許公報 (B1)

(11)特許番号

特許第3437845号

(P3437845)

(45)発行日 平成15年8月18日(2003.8.18)

(24)登録日 平成15年6月6日(2003.6.6)

(51)Int.Cl.

G 11 B 11/105

識別記号

5 1 6

5 0 6

5 1 1

F I

G 11 B 11/105

5 1 6 J

5 0 6 A

5 1 1 A

5 1 1 G

5 1 1 Q

請求項の数9(全31頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2002-315287(P2002-315287)

(62)分割の表示

特願2002-86888(P2002-86888)の分割

(22)出願日

平成14年3月26日(2002.3.26)

審査請求日 平成15年2月18日(2003.2.18)

(31)優先権主張番号 特願2001-88398(P2001-88398)

(32)優先日 平成13年3月26日(2001.3.26)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願2002-54614(P2002-54614)

(32)優先日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(33)優先権主張国 日本(JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

谷 学

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立  
マクセル株式会社内

(72)発明者 関根 正樹

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立  
マクセル株式会社内

(72)発明者 粟野 博之

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立  
マクセル株式会社内

(74)代理人 100099793

弁理士 川北 喜十郎

審査官 中野 浩昌

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光磁気記録媒体及びその再生方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】光磁気記録媒体であって、

磁性材料から形成されている記録層と；

磁性材料から形成され、垂直磁化を示す再生層と；

磁性材料から形成され、上記記録層と再生層との間に存在し、160°C以下の温度で上記記録層と再生層の交換結合力を遮断する中間層と；を備え、

上記再生層の補償温度T<sub>comp1</sub>、上記中間層の補償温度

T<sub>comp2</sub>及び上記記録層の補償温度T<sub>comp3</sub>が、下記式

(1)及び(2)：

T<sub>comp2</sub> < 120°C < T<sub>comp1</sub> . . . (1)

T<sub>comp3</sub> < 120°C < T<sub>comp2</sub> . . . (2)

のいずれか一方を満足し、

上記中間層と上記記録層の界面または上記中間層と上記再生層の界面に、上記中間層を構成する物質とは異なる

10

2

物質が介在されており、それにより該界面またはその近傍のキュリー温度が中間層のキュリー温度より低下していることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項2】上記中間層を成膜後、該中間層を表面処理することによって、上記中間層と上記記録層の界面または上記中間層と上記再生層の界面に上記中間層を構成する物質とは異なる物質が導入されていることを特徴とする請求項1に記載の光磁気記録媒体。

【請求項3】上記再生層、中間層及び記録層のキュリーテンポがそれぞれT<sub>c1</sub>、T<sub>c2</sub>及びT<sub>c3</sub>であるとき、T<sub>c1</sub> < T<sub>c2</sub> < T<sub>c3</sub>を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の光磁気記録媒体。

【請求項4】上記再生層は、GdFeを主体とする希土類遷移金属合金から形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の光磁気記録媒体。

【請求項5】 上記中間層は、TbGdFeを主体とする希土類遷移金属合金から形成されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の光磁気記録媒体。

【請求項6】 上記記録層は、TbFeCoを主体とする希土類遷移金属合金から形成されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の光磁気記録媒体。

【請求項7】 請求項1に記載の光磁気記録媒体に再生光を照射して上記記録層と再生層の交換結合力を遮断する温度以上に加熱して光磁気記録媒体から情報を再生することを特徴とする光磁気記録媒体の再生方法。

【請求項8】 記録層から再生層に転写した磁区を拡大することにより、再生しようとする記録磁区が再生光の中心に到達する前に該記録磁区を検出することを特徴とする請求項7に記載の光磁気記録媒体の再生方法。

【請求項9】 請求項1に記載の光磁気記録媒体から記録情報を再生するための再生装置であって、レーザー光照射部と、磁界印加部と、信号を検出及び処理する信号処理部と、ディスク駆動部とを備えた再生装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光磁気記録媒体及びその記録再生装置に関し、更に詳細には、高密度記録された情報を確実に十分な再生信号強度で再生可能な光磁気記録媒体及びその記録再生装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 情報化社会の進展により、膨大な情報を記憶するための外部記憶装置においては記録密度の向上が著しい。媒体可換な光磁気ディスクにおいても同様で、青色レーザー、高NAレンズによる光スポットサイズを小さくすることによる高密度化の研究が盛んに行われている。しかし、青色レーザーを大量に且つ安価に供給することは現時点においては困難であるため、赤色レーザーを用いつつ別な技術で大容量化することが望まれている。このような技術は、将来青色レーザーが大量に供給可能になった際にも適応することができるため、更なる大容量記録が可能となると考えられる。このような背景から、光磁気記録においては熱と磁気の特徴を利用した大容量化技術が提案されている。かかる大容量化技術として、例えば、特開平3-93056号において開示された磁気超解像技術、特開平6-290496号において開示された磁壁移動再生技術、特開平8-182901号において開示された磁区拡大再生技術、特開平11-162030号において開示された中央開口後方拡大検出技術などがある。

【0003】 記録再生に使用する光の波長をλ、対物レンズの開口数をNAとするとき、集光した光スポットの回折限界はλ/NAで表わされ、この半分の大きさが再生可能な最小マークサイズとなる。上記青色レーザー

は、赤色レーザーよりも波長λが小さいため、青色レーザーの光スポットサイズは赤色レーザーよりも小さくなる。したがって、青色レーザーを用いることにより、従来よりも狭い領域から再生信号を検出することが可能となる。これは、高密度記録された微小な磁区を再生することができることを意味する。

【0004】 しかしながら、レーザー光のスポット径を小さくすることなく、信号再生領域を実効的に狭くすることも可能である。磁気超解像再生技術（Magnetic Super Resolution : MSR）では、記録膜の温度に対する磁化特性を利用して実効光スポット径を小さくしている。磁気超解像再生技術で用いられる光磁気記録媒体は、記録膜上に、キュリー温度の低い中間層と再生層が設けられている。これら3層は、いずれも遷移金属優勢な希土類遷移金属合金を用いて形成される。

【0005】 磁気超解像再生技術を用いた光磁気記録媒体の磁気特性は、例えば、特開平3-93056号やトリケップス超高密度光磁気記録技術54ページに詳細に記載されているが、ここで特開平3-93056号に記載された磁気超解像再生の原理について図49を参照して簡単に説明する。図49に、磁気超解像再生用の光磁気記録媒体の記録層、中間層及び再生層の低温時における磁区の磁化状態をそれぞれ示す。これらの3層は交換結合しているため、記録層の磁区はそのまま中間層及び再生層に順次転写されている。また、図49に概念的に示したように、3層の磁区は互いに引き付けあっており、静磁的にも安定化している。ここで、光磁気記録媒体に大きな再生パワーの再生光を照射して、中間層がキュリー温度以上に加熱されると、中間層のキュリー温度を超えた領域（高温領域）は磁化が消失して（非磁性となり）、その領域の上下に位置する再生層と記録層の磁区間の交換結合が途絶える。そこに、再生磁界（マスク形成用再生磁界）を印加すると、交換結合力が途絶えた再生層の領域の磁化は、再生磁界の方向に揃えられて磁気的なマスクが形成される。これにより、記録層の記録マークは、中間層のキュリー温度よりも低温の領域だけ、すなわち、マスクされていない狭い領域を通じて再生されることができる。この光磁気記録媒体において、再生層に保磁力の小さな磁性膜を使用すると、再生光を照射して光スポット中心温度を中間層のキュリー温度以上にした状態で外部磁界を印加したときに、キュリー温度以上になった中間層の非磁性部分に近接している再生層に残された記録磁区は外部磁界によって容易に消去されることができる。したがって、再生層の高温部分は、記録磁区の情報が転写されておらず、磁気的なマスクとして機能する。線速を早くすると光照射による記録膜上の温度分布は光スポット進行方向と逆に流れることとなり、光スポット前方では記録磁区が再生できるが、光スポット中央部より後方では上記マスクにより情報は再生されない。このタイプの磁気超解像再生は光スポットの

前方部分を開口部とするため、前方開口検出（Front Aperture Detection）またはF A Dと呼ばれている。しかし、F A Dでは分解能を高める（マスクを大きくする）ほど再生信号を享受できる面積が小さくなり絶対信号量が大幅に低下してしまう。これが、光磁気記録媒体を高密度化したときの問題点となり、記録密度向上の限界をもたらす原因となっていた。磁気超解像再生には、中央開口検出（Center Aperture Detection）や後方開口検出（Rear Aperture Detection）などのタイプが知られているが、どのタイプの磁気超解像再生も同様の問題を抱えている。

【0006】そこで、本発明者らは、この再生信号の低下を解決するために、特開平8—182901号において、記録層に記録した微小な記録磁区を再生層に転写するとともにして再生磁界で拡大することによって再生信号を増大させる磁区拡大再生（Magnetic Amplifying MO System）、すなわちMAMMOSを開示した。しかし、MAMMOSでは磁区拡大用に再生磁界を用いるために、装置構成が複雑になるという課題があった。

【0007】一方、絶対信号量はさほど増えないが、必要最小限の信号強度を確保して分解能高く再生するための技術として、磁壁移動再生技術が特開平6—290496号公報に開示されている。磁壁移動再生技術において用いられる光磁気記録媒体の構成は、上記F A Dと同様に、記録層中間層及び再生層からなる。磁壁移動再生技術では、記録層から再生層に転写した磁区の前方の磁壁が、中間層が加熱されて非磁性化した領域で記録層との結合を絶たれ、この磁壁が光スポット内に存在する熱中心（最高到達温度位置）まで移動する。この結果、再生層に転写した磁区は拡大し、すなわち実効的に微小磁区の面積が増大し、それにより再生信号がわずかに増大する。これは磁壁を移動して検出するということから磁壁移動型検出（Domain Wall Displacement Detection）またはDWDDと呼ばれている。この技術では磁壁が磁壁エネルギーの低い位置に移動する力を利用しているため、この方法を実施可能にするには、発明者らが日本工業出版の月刊誌1998年光アライアンス7月号19ページ左コラム6から11行目に記載しているように、各層の飽和磁化を可能な限り下げて、磁壁移動に障害にならないようにすることが必要とされる。このため、DWDDにおける、記録層、中間層及び再生層は、いずれも補償温度がキュリー温度よりも低い磁性材料から構成されている。このことは、社団法人電気学会1998年研究会資料MAG98—189 43ページ右コラム下から3行目から44ページ左コラム上から5行目においても述べられている。

【0008】DWDDによれば微小な磁区を再生する事が可能であるが、再生信号が小さく、正確に再生できる最低限度の信号の大きさにすぎないという問題がある。また、上記原理に基づくため、中間層の非磁性化し

た領域の前方で磁区を拡大することは良いが、その後方でも同じように磁区が拡大するため再生信号が複雑になり実用上の大問題となった。後方からの磁区拡大は、再生信号の上で余計な拡大信号として現れ、ゴースト信号と呼ばれていた。ゴースト信号の発生は、磁区拡大の動作を磁壁エネルギーだけに委ねていることに起因している。

【0009】DWDDのゴースト信号を解決するためには、更にキュリー温度が若干高く且つ飽和磁化の小さな中間層を設けることでわずかに改善された。しかしながら、再生信号の大きさについては未だ不十分である。

【0010】また、DWDDにおいて、再生層の磁壁がスムーズに移動できるようにするためにランドグループ基板のグループのみを高レーザーパワーで高温アニールして磁壁エネルギーを低下する方法や、ランドグループ基板の溝深さを極端に深くして実質的に記録膜が溝の壁部分にわずかにしか付着しないようにすることが必須である。しかしながら、これらの技術には次のような不便を伴う。すなわち、高密度化のための高密度トラックピッチでの深溝成型基板作製が難しくなる点、深溝だとINTERMAG2000で金子らが発表しているように微小磁区の正確な記録が極めて難しくなるという点である。

【0011】さらにDWDDの磁壁の移動量を多くするための技術が特開平11—162030号に開示されている。この公報によると、面内磁化膜の中間層と、再生温度付近では面内磁化膜から垂直磁化膜に変化する再生層を用いている。このため、再生層が所定の温度以下では面内磁化膜となってマスクを形成し、所定の温度以上の光スポット中央部でのみ磁壁を移動することができる。このような構成にすると、再生層の保磁力が低下してより磁壁がスムーズに動くようになることから前述のDWDDよりも磁壁の移動量が大きくなるという特徴がある。これは、光スポット中央部分だけを開口部とした磁壁移動検出なのでCARED（Center Aperture Rear Expansion Detection）と呼ばれている。

【0012】しかし、CAREDでもDWDDと同様にゴースト信号が出るため、やはり別の磁性層を追加の中間層として加えてゴースト信号を防止しようとしている。しかしながら、追加の中間層を加えた場合に、短い磁気マークに対してはゴーストを防止することができるが、CAREDの場合でもDWDDと同様に、長い磁気マークに関してはゴースト信号を防止することができなかった。したがって、記録再生装置においては、長さ制限のある信号処理系しか利用することができない。

【0013】本発明は、前述のMSR、MAMMOS、DWDD及びCAREDの持つ不便性を解消すべく達成されたものであり、その第1目的は、十分な大きさの再生信号が得られる光磁気記録媒体、その再生方法及び再生装置を提供することにある。

【0014】本発明の第2の目的は、記録マークのマーク長に拘わらず、ゴースト信号が発生しない光磁気記録媒体、その磁区拡大再生方法及び装置を提供することにある。

【0015】本発明の第3の目的は、再生磁界を印加することなく、光磁気記録媒体の磁区拡大再生を実行することができる光磁気記録媒体、その再生方法及び装置を提供することにある。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に従えば、光磁気記録媒体であって、磁性材料から形成されている記録層と；磁性材料から形成され、垂直磁化を示す再生層と；磁性材料から形成され、上記記録層と再生層との間に存在し、160°C以下の温度で上記記録層と再生層の交換結合力を遮断する中間層と；を備え、上記再生層の補償温度T<sub>comp1</sub>、上記中間層の補償温度T<sub>comp2</sub>及び上記記録層の補償温度T<sub>comp3</sub>が、下記式(1)及び(2)：

$$T_{comp2} < 120^{\circ}\text{C} < T_{comp1} \quad \dots \quad (1)$$

$$T_{comp3} < 120^{\circ}\text{C} < T_{comp2} \quad \dots \quad (2)$$

のいずれか一方を満足し、上記中間層と上記記録層の界面または上記中間層と上記再生層の界面に、上記中間層を構成する物質とは異なる物質が介在されており、それにより該界面またはその近傍のキュリー温度が中間層のキュリー温度より低下していることを特徴とする光磁気記録媒体が提供される。

【0017】本発明の第1の態様に従う光磁気記録媒体では、上記中間層を成膜後、該中間層を表面処理することによって、上記中間層と上記記録層の界面または上記中間層と上記再生層の界面に上記中間層を構成する物質とは異なる物質が導入されていることが好ましい。

【0018】本発明の第1の態様に従う光磁気記録媒体では、上記再生層、中間層及び記録層のキュリー温度がそれぞれT<sub>c1</sub>、T<sub>c2</sub>及びT<sub>c3</sub>であるとき、T<sub>c1</sub> < T<sub>c2</sub> < T<sub>c3</sub>を満足することが好ましい。

【0019】本発明の第1の態様に従う光磁気記録媒体では、上記再生層は、GdFeを主体とする希土類遷移金属合金から形成されていることが好ましい。

【0020】本発明の第1の態様に従う光磁気記録媒体では、上記中間層は、TbGdFeを主体とする希土類遷移金属合金から形成されていることが好ましい。

【0021】本発明の第1の態様に従う光磁気記録媒体では、上記記録層は、TbFeCoを主体とする希土類遷移金属合金から形成されていることが好ましい。

【0022】本発明の第2の態様に従えば、第1の態様に従う光磁気記録媒体に再生光を照射して上記記録層と再生層の交換結合力を遮断する温度以上に加熱して光磁気記録媒体から情報を再生することを特徴とする光磁気記録媒体の再生方法が提供される。

#### 【0023】本発明の第2の態様に従う光磁気記録媒体

の再生方法では、記録層から再生層に転写した磁区を拡大することにより、再生しようとする記録磁区が再生光の中心に到達する前に該記録磁区を検出することが好ましい。

【0024】本発明の第3の態様に従えば、第1の態様に従う光磁気記録媒体から記録情報を再生するための再生装置であって、レーザー光照射部と、磁界印加部と、信号を検出及び処理する信号処理部と、ディスク駆動部とを備えた再生装置が提供される。

【0025】本発明の光磁気記録媒体では、記録層（以下、情報記録層とも言う）から中間層を介して再生層（以下、拡大再生層とも言う）に転写された磁区を外部磁界を印加することなく再生光照射により拡大させて検出することが可能である。本発明において、このような磁区拡大を可能ならしめるのは、1) 拡大再生層の最小磁区径の存在、2) 中間層と記録層間または中間層と再生層間の反発力の発生、3) 拡大再生層と記録層間の交換結合力の制御などの因子に基づく。最初にこれらの因子について説明し、次いで、本発明の光磁気記録媒体を実現する3つのタイプの光磁気記録媒体の拡大再生原理を説明する。

#### 【0026】[磁区拡大の因子]

##### 1) 最小磁区径の存在による磁区拡大原理

外部磁界を必要としないで再生層の磁区を拡大させるには、再生層内で安定に存在し得る最小（安定）磁区の大きさを考慮する必要がある。温度が均一な磁性層における最小磁区の磁区径をd、拡大再生層の磁壁のエネルギーをσ<sub>w</sub>、飽和磁化をM<sub>s</sub>、保磁力をH<sub>c</sub>とすると、最小磁区径dは、 $d = \sigma_w / (M_s \cdot H_c)$ と表記できる。

一般に、M<sub>s</sub>が比較的小さい場合dは大きく、M<sub>s</sub>が大きな場合にはdは小さくなる。

【0027】本発明では、図1(a)に示すように、拡大再生層3の材料として、拡大再生層3において磁気的に安定して存在し得る磁区SM1の最小径（以下、「最小磁区径」という）が比較的大きい材料、例えば、GdFeを使用している。すなわち、拡大再生層3においては、磁区SM1より小さな磁区は磁気的に安定に存在することができない。一方、情報記録層5には図1(b)に示すように磁区SM2の最小磁区径が小さくなるような磁気材料、例えば、TbFeCoを使用しているために、情報記録層5に小さな記録磁区を高密度に記録することが可能になる。ここで、そのような拡大再生層3と情報記録層5が強力な交換結合力で結びついた場合には、図1(c)に示すように情報記録層5に記録された磁区SM2が拡大再生層3に磁気的に転写されて磁区SM3が生じる。但し、拡大再生層3に磁気転写された磁区SM3は拡大再生層3における最小磁区径よりも小さいために不安定である。それゆえ、図1(d)に示したように拡大再生層3を情報記録層5から引き離したすると、拡大再生層3に転写されていた微小磁区は拡大し

て図1(a)に示したような最小磁区径を有する安定な磁区SM1に戻る。本発明では、図1(c)から図1(d)に遷移するプロセスを、後述する種々の中間層(拡大トリガー層)を用いて拡大再生層3と情報記録層5の交換結合力の大きさを制御することによって実行している。

#### 【0028】2) 磁性層の反発力と交換結合力

記録層、中間層及び再生層の磁性材料には、例えば、希土類遷移金属合金を用い得る。希土類は重希土類が用いられ、この場合には、希土類金属と遷移金属の磁気スピニンは互いに反対方向を向くので、磁性層はフェリ磁性を示す。希土類金属と遷移金属の磁気スピニンが同じ大きさであれば、磁化方向が互いに逆、すなわち磁化を打ち消しあうことになるため、全体の磁化(磁気スピニンの和)はゼロとなる。この状態は補償状態と呼ばれ、補償状態となる温度は補償温度と呼ばれる。また、補償状態となる磁性層の組成は補償組成と呼ばれる。また、遷移金属の磁気スピニンが希土類金属の磁気スピニンよりも大きい場合には遷移金属リッチ(Transition Metal rich : TMリッチ)と呼ばれ、希土類金属の磁気スピニンが遷移金属の磁気スピニンよりも大きい場合には希土類リッチ(Rare Earth rich : REリッチ)と呼ばれる。本発明では、再生層の補償温度T<sub>comp1</sub>、中間層の補償温度T<sub>comp2</sub>及び記録層の補償温度T<sub>comp3</sub>が、以下の(1)式及び(2)式のいずれか一方の式を満足する。

$$T_{comp2} < 120^{\circ}\text{C} < T_{comp1} \quad \dots \quad (1)$$

$$T_{comp3} < 120^{\circ}\text{C} < T_{comp2} \quad \dots \quad (2)$$

【0029】式(1)及び(2)は、本発明において磁区の拡大が起るためのトリガーとなる反発力の存在を条件を表している。式(1)の場合には、120°Cよりも低い温度に中間層4の補償温度が存在し、120°Cよりも高い温度に再生層の補償温度が存在する。例えば、再生層3及び中間層4がそれぞれフェリ磁性の希土類遷移金属から構成されている場合、図2(a)に示すように120°Cでは中間層4がTMリッチであり、再生層3がREリッチとなる。従って、中間層4と再生層3の遷移金属の磁気スピニン(副ネットワーク磁化)は同一方向を向き、磁化(全体の磁化)は互いに反対方向となり反発力が生じる。本発明では、このような反発力の発生が再生層3における磁区拡大の要件となる。ここで、記録層5が中間層4と同じくTMリッチな希土類遷移金属から構成されているとすると、再生層3、中間層4及び記録層5間でそれらの遷移金属の磁気スピニンがつながり、再生層3と記録層5間で中間層4を介して交換結合力が働く。ここで、交換結合力には温度依存性があるので、120°Cから温度が上昇すると、反発力が交換結合力を上回り、再生層3の磁区が反転しやすくなる。この磁区反転は磁区拡大をもたらす。

【0030】式(2)の場合には、120°Cよりも低い温度に記録層5の補償温度が存在し、120°Cよりも高い

温度に中間層4の補償温度が存在する。例えば、記録層5及び中間層4がそれぞれフェリ磁性の希土類遷移金属から構成されている場合、図2(b)に示すように120°Cでは記録層5がTMリッチであり、中間層4がREリッチとなる。従って、記録層5の磁化と中間層4の磁化は互いに反対方向となり反発力が生じる。ここで、再生層3が中間層4と同じくREリッチな希土類遷移金属から構成されているとすると、再生層3と記録層5には中間層4を介して交換結合力が働いている。交換結合力には温度依存性があるので、120°Cから温度が上昇すると、再生層3及び中間層4の磁化と記録層5の磁化との反発力が記録層5と再生層3の交換結合力を上回り、中間層4及び再生層3の磁区がそれぞれ反転しやすくなる。再生層3の磁区反転は磁区拡大をもたらす。上記の式(1)あるいは式(2)のいずれか一方が満足されていれば、本発明において磁区拡大のきっかけとなる反発力が発生することになる。以下の各タイプの光磁気記録媒体の再生原理の説明では主に式(1)の条件を用いて説明するものとする。

【0031】上記のように本発明では、反発力と交換結合力の関係が磁区拡大を制御する。なお、120°Cという温度は、再生光照射により磁区拡大が起こり始めるであろう領域の温度を想定している。すなわち、本発明では磁区拡大が起こり始める領域は、再生光が照射されて加熱された領域のうち、中央部すなわち高温部分(熱中心)ではなく周縁部すなわち低温部分である。一方、高温部分では後述するように記録層と拡大再生層の交換結合力が遮断される。この高温領域は本発明では140°Cを超える温度であると想定している。

#### 【0032】3) 交換結合力の制御

本発明の光磁気記録媒体において、中間層はいずれのタイプの光磁気記録媒体においても記録層と拡大再生層との間に働く交換結合力と反発力の大きさを制御することによって拡大再生層における磁区拡大を最適化するとともに、ゴースト信号の発生を防止している。特に、情報再生時には、中間層により、再生光が照射されている領域内の高温領域において記録層と拡大再生層との間に働く交換結合力が遮断されて、低温領域の拡大再生層の磁区が高温領域にまで拡大する。この交換結合力が遮断される温度を交換結合力遮断温度と称する。交換結合力遮断温度は交換結合力(交換結合磁界)の温度依存性から求めることができる。交換結合力は拡大再生層側から磁気光学Kerr回転角の磁界依存性から決定できる。図25には、室温における本発明の光磁気記録媒体の磁気光学Kerr回転角(θ)のヒステリシス曲線の測定例を示している。拡大再生層には、保磁力の大きな情報記録層から交換結合力(交換結合磁界)がバイアス磁界として作用している。したがって、ヒステリシス曲線はその磁界分だけ左にシフトしており、このシフト量が交換結合力である。この交換結合力の温度依存性の一例を図

11

44に示した。交換結合力遮断温度はこの交換結合力がほぼゼロとなる温度に相当する。

**【0033】[第1のタイプの光磁気記録媒体]**

拡大再生層と情報記録層の交換結合力の大きさを制御するのに、第1のタイプの光磁気記録媒体では、高温、例えば140°C以上で面内磁化を示し、低温、例えば120°C以下では垂直磁化を示すような中間層を用いる。記録層及び再生層は垂直磁化の磁性層を用い得る。この場合、中間層が垂直磁化を示すときには拡大再生層と情報記録層の中間層を介した交換結合力が強いが、中間層が高温時に面内磁化を示すときには拡大再生層と情報記録層の交換結合力は中間層により切断または遮断されて弱まる。低温での拡大再生層と情報記録層の交換結合力を大きくするためには、中間層のキュリー温度Tc2を拡大再生層のキュリー温度Tc1よりも高くすればよい。ただし、情報記録層への記録の悪影響を避けるためには、Tc2は情報記録層のキュリー温度Tc3よりも低くしておくる必要がある。したがって、第1のタイプの光磁気記録媒体では、それらの磁性層のキュリー温度の関係はTc1 < Tc2 < Tc3にし得る。

**【0034】**ここで、図3に示したように、情報記録層5と拡大再生層3の間に、高温で面内磁化を示し、低温では垂直磁化を示すような中間層、例えば拡大トリガー層4'が存在する光磁気記録媒体を考えてみる。記録層5に微小磁区が高密度に記録されているものとする。レーザー光が照射されていない場合には、情報記録層5に記録された磁区5Aは拡大トリガー層4'を介した拡大再生層3と情報記録層5との大きな交換結合力により拡大再生層3に磁気転写されて磁区3Aを形成している。図4に示すように、光磁気記録媒体が矢印D Dの方向に進行しつつレーザー光が照射されると光磁気記録媒体のレーザースポット内の領域の温度が上昇する。このとき温度上昇した領域のうち特に高温部分（例えば140°C以上）では拡大トリガー層4'の磁気異方性は急激に小さくなるため拡大トリガー層4'の磁化容易軸は垂直方向から膜面方向に向くことになる。このとき、拡大トリガー層4'の垂直磁化成分が減少するために拡大再生層3と情報記録層5の交換結合力は急激に低下して遮断される。この交換結合力が遮断する温度をTrとする。図5に示したように、Trを超える温度領域においては、拡大再生層3と情報記録層5は磁気的に独立な状態になる。Trは、例えば、120°C～180°C、好ましくは140°C～180°Cである。

**【0035】**さらに、光磁気記録媒体が矢印方向D Dに進行して、図6に示したように、記録磁区5Aが温度T > Trの領域付近に近づいてくると、情報記録層5の磁区5Aの磁化及び拡大トリガー層4'の磁区4'Aの磁化の合成磁化と、拡大再生層3の転写磁区3Aの磁化との静磁気的な反発力が、拡大再生層3の磁区3Aと拡大トリガー層4'を介した情報記録層5の磁区5Aの交換

10

12

結合力に勝ることになる。特に、拡大再生層3の磁区3Bは記録層5の磁区5Bから交換結合力により転写された磁区であるが、レーザースポット内にあるために交換結合力よりも拡大トリガー層の磁区4'Bとの反発力の方が強くなっている。さらに、前述のように拡大再生層3の安定磁区径は大きいので、磁区3Aは本来の大きさに戻ろうとする力が働く。それゆえ、磁区3Aと磁区3Bとの間の磁壁(3AF)には磁気的な圧力が作用して、図7に示すように、磁区3Bが反転した結果、磁区3Aが拡大する。そして、この拡大した磁区3Aは、図8に示すように交換結合力が衰弱した領域付近一杯に広がる。その拡大した領域は拡大再生層3の安定磁区径に相当する大きさと考えることもできる。このように拡大トリガー層4'は温度変化により拡大再生層3の磁区が拡大するきっかけをもたらしている。

20

**【0036】**ここで重要なことは、磁区3Aが拡大する際、磁区3Aの前側エッジ3AF(図6参照)がスポット中心に向かって拡大しても後側エッジ3ARは動かないことである。もし、前側エッジ3AFの拡大に連動して後側エッジ3ARもスポット中心に向かって動いた場合には、磁区3Aの面積は増大しないからである。したがって、磁区拡大再層3として重要な点は、前側エッジ3AFは拡大しやすく、前側エッジ3AFよりも若干温度の低い後側エッジ3ARは動かず記録層5の磁区が転写されたままの状態を保存していることである。これを達成するには、交換結合力の温度勾配がTr近傍で急峻になるような材料を用いればよい。この温度勾配は実験的には、Tr近傍と考えられる130°C近傍で-100(Oe/°C)以上であることが望ましい。また、拡大再生層3の膜厚が厚いと拡大しにくい傾向にあり、好ましくは1.5～3.0nmである。

30

**【0037】**図9には、光磁気記録媒体が光スポットに対して移動して、磁区5Aに隣接する磁区5Cが本発明の原理に従って拡大再生される様子を示している。図10には、さらに光磁気記録媒体が光スポットに対して移動して図9において再生された磁区5Cに隣接する磁区5Dが拡大再生される様子を示している。図10から分るように、Trを超える温度領域内にある情報記録層5の磁区5Aは拡大再生層3に向かって漏洩磁界を発しているが、その上に位置する拡大トリガー層4'の磁区が面内磁化を示しているためにこの漏洩磁界が遮断されている。したがって、拡大が起こっている領域内に位置する記録層5の磁区の向きがいざれであろうと拡大再生層3の拡大動作には影響を与えることはない。

40

**【0038】**さて、図11に示したように、拡大再生して再生が終了した記録磁区5Aは光スポットから脱出する際に冷却される。冷却が進んだ領域では拡大トリガー層4'の磁区4'Aの垂直磁気異方性が復活するため、拡大再生層3の磁区3Aと記録層5の磁区5Aの交換結合が復活することになる。しかしながら、静磁気的反発

50

力が交換結合力よりも勝っているために、磁区5 Aは拡大再生層3に転写されない。さらに、磁区3 Aがスポットから離れた図12においては、交換結合力が大きくなるが、図1において説明したように拡大再生層3の安定磁区径からすれば微小磁区が拡大再生層3に転写されるには大きなエネルギーが必要となる。従って、この状態でもまだ記録層の磁区5 Aは拡大再生層3に転写されない。それゆえ、本発明では情報の再生が終了している記録層の磁区5 Aが拡大再生層3に再転写することによるゴースト信号は現れない。

【0039】[第2のタイプの光磁気記録媒体]

第2のタイプの光磁気記録媒体の動作原理について図面を用いて以下に説明する。このタイプの光磁気記録媒体の記録層、中間層及び再生層は、いずれも垂直磁化を示す希土類遷移金属合金を用いて形成されている。中間層は160°C以下のキュリー温度、室温以下の補償温度を有する。それゆえ、再生光が照射されて光磁気記録媒体が加熱されたときに、中間層における高温領域(160°C以上)では磁化が消失している。図13に、再生光が照射される前の光磁気記録媒体の記録層5、中間層4及び再生層3のそれぞれの磁区の状態を示した。各層のそれぞれの磁区の大きさは、ディスク進行方向において全て同じものとする。図13中、太い矢印(白抜き矢印)は、それぞれの層の全体の(合成)磁化を示し、太い矢印の内部に記載された細い矢印は、遷移金属(F eやC o)の磁気スピンを示している。このタイプの光磁気記録媒体においては、再生時に、再生光を照射して再生温度付近(例えば、120°C~200°C)に加熱したとき、図13に示したように、再生層3はREリッチであり、中間層4と記録層5はTMリッチであるか(前記式(1)を満足)、あるいは、再生層3及び中間層4がはREリッチであり、記録層5がTMリッチである(前記式(2)を満足)。

【0040】記録層5、中間層4及び再生層3のそれぞれの遷移金属同士は、室温において数10kOe以上の強い結合力で結合しているために、図13に示すように、記録層5、中間層4及び再生層3の遷移金属の同じ縦列の磁区では、磁気スピンを示す細い矢印は全て同じ方向を向いている。中間層4及び記録層5はTMリッチであるため、同じ縦列の磁区では、それらの全体の磁化は遷移金属のスピンと同じ方向を向いている。一方、再生層3はREリッチであるため、全体の磁化は遷移金属のスピンと逆方向を向いている。すなわち、再生層3における磁区の全体の磁化は、その下方の中間層4及び記録層5の磁区の全体の磁化と互いに反対を向いており、記録層5の磁区が再生層3に逆向きで転写されている。ここで、再生層3及び中間層4のそれぞれの磁区を、例えば、図13の右側に示したように概念的に磁石3 a及び4 bとみなせば、再生層3と中間層4の全体磁化が互いに逆向きの状態は、磁石3 a及び4 aの同じ極同士が

近接している状態と同様であり、静磁気的には極めて不安定な状態である。すなわち、中間層4と再生層3との間で働く静磁エネルギー反発力のために不安定な状態となっている。しかしながら、再生層3及び中間層4の遷移金属のスピン同士の交換結合力の方が、静磁エネルギー反発力よりも強いために、図13に示したような、再生層3及び中間層4の全体の磁化が互いに反対を向いた状態が持続されている。

【0041】情報を再生するために、図14(a)に示すように、光磁気記録媒体に再生レーザー光を対物レンズで集光させて照射して再生層3上に光スポットSを形成すると、レーザー光の光強度分布に従って光スポットS内に温度分布が生じ、特に光スポットSの中央付近の温度が高くなる。このとき、中間層4のキュリー温度以上に加熱された領域11(以下、再生温度領域という)では磁化が消失し、中間層の再生温度領域11の上下にそれぞれ位置する記録層5の磁区15と再生層3の磁区13との間の磁気的結合(交換結合)が失われる。このように、中間層4は、レーザー光照射による加熱によって記録層5と再生層3との交換結合力を遮断することから、この中間層のことを交換結合力遮断層とも呼ぶことができる。

【0042】ここで、図14(a)に示すように、再生レーザー光照射による加熱で中間層4の再生温度領域11の磁化が消失している部分と隣接している再生層3の磁区23とその下方の中間層4の磁区25について考える。この状況では、再生層3の再生温度領域に存在する磁区13は、記録層5の記録磁区15との交換結合力を失っている。このとき再生層3の光スポット内の転写磁区23は、図14(b)に示すように拡大する場合、あるいは図14(c)に示すように縮小する場合のいずれかになると考えられる。

【0043】ここで、図15(a)に示すように、再生レーザー光が照射されたときに再生層3の磁区23の磁壁26が移動せずに、そのままの状態になっていると仮定し、そのとき、再生層3下面に働いている静磁エネルギー反発力と交換エネルギー引力(交換結合力)との関係を図15(b)に示した。図15(a)に示すように、再生光スポット内の右側の部分は、まだ温度が低い状態で、再生層3に、大きな交換エネルギー引力と比較的大きな静磁エネルギー反発力が働いている。交換エネルギー引力は、再生層3の遷移金属と中間層4の遷移金属との交換結合エネルギーに基づいて発生する引力であり、遷移金属同士は強い結合力を示すために、低温領域においては極めて大きな値を示し、静磁エネルギー反発力を上回っている。そして、低温領域から再生温度領域に近づくに従って交換エネルギー引力は急激に減少し、再生温度領域においてゼロとなる。これは、再生温度領域で中間層4の磁化が消失して、交換結合力がなくなるためである。一方、静磁エネルギー反発力は、互いに逆

向きの、中間層の全体の磁化と再生層の全体の磁化との間で働く静磁気的なエネルギーに基づく反発力である。中間層4の領域4Aでは静磁反発力が交換結合力を上回っている。静磁エネルギー反発力は、図15(b)に示すように、低温領域から再生温度領域に近づくに従って中間層4の磁化が小さくなるために減少している。しかしながら、静磁エネルギー反発力は、再生温度領域においてもゼロとはならず、所定の値を有している。すなわち、再生温度領域の再生層の磁区27には、静磁エネルギー反発力が働いている。これは、図15(a)に示すように、再生温度領域の再生層の磁区27の磁化が、再生温度領域の記録層の磁区28の磁化と反対向きで、それら磁区の間で反発力が働いているためである。この場合、図16(a)に示すように、まず再生層3の磁区23の左側の磁区23'において、静磁エネルギー反発力が交換エネルギー引力を上回るため、磁区23'が反転する。この拡大再生層の最小磁区径は記録磁区の最小磁区径よりも大きく、光スポット径と同程度になるよう磁気特性を調整( $80 \mu\text{emu}/\text{cm}^2 < \text{再生層の飽和磁化} \times \text{膜厚} < 220 \mu\text{emu}/\text{cm}^2$ )してあるため、図16(b)の磁区23Aのように拡大再生層の磁区はほぼ光スポット径になるまで拡大する。このとき、図16(b)に示すように、再生層の拡大した磁区23Aの磁化が記録層の磁区28の磁化と同方向を向くので静磁エネルギー反発力は更に減少する。すなわち、図14(a)に示した拡大再生層3の光スポット内の再生温度領域の転写磁区23は、図14(b)に示すように拡大することになる。これは、拡大再生層3の磁化が比較的小さい場合、最小磁区径の大きさにより、小さな磁区を維持することができないという磁気的な性質に起因している。このような磁区拡大を利用した場合、再生層からは、大きな再生信号を検出することができる。更にディスクが矢印方向に進んで図16(b)の記録磁区25が光スポット内の高温部に移動した場合を図19に示した。この場合、記録磁区25から拡大再生層3に漏洩磁界が及んでいるが、前述したように拡大再生層3には転写可能な最小磁区径が存在するため、これより小さな磁区は転写することができない。すなわち、高温部分の記録層5の状態(記録磁区25)は拡大再生層3に転写されることはない。

【0044】図14(c)に示すように、再生層の転写磁区が縮小する場合は、再生層内で静磁エネルギーが上昇するためにエネルギー的に不安定に状態となる。したがって、図14(c)に示すような磁区23の縮小は起こらないと考えられる。

【0045】このような再生層における磁区拡大を、より良好に行うには、中間層が、大きな垂直磁気異方性エネルギー(K<sub>u</sub>)を有し、キュリー温度付近まで垂直磁化膜であることが好ましい。ここで中間層のK<sub>u</sub>が小さい場合の例を図17(a), (b)に示した。中間層4

のK<sub>u</sub>が小さい場合、中間層4のキュリー温度付近の磁区59は、再生層3からの静磁エネルギー反発力のため面内方向を向くことになる。したがって、再生層3の磁区拡大は、図17(b)に示すように、中間層4のキュリー温度以上の非磁性領域( $T_c \leq T$ )の直上の再生層領域23Bにおいて起こるため、拡大率が小さい。また、この場合、再生層と中間層の結合の切れる場所が曖昧になりジッター量を増やす恐れがある。それゆえ、中間層4は、大きな垂直磁気異方性を有することが好ましい。しかしながら、キュリー温度が150度近傍で最も大きなK<sub>u</sub>を有するTbFe合金を中間層に使用して実験した場合、交換エネルギー引力の温度勾配が急峻になりすぎるために、図16(a)に示した静磁エネルギー反発力による磁区拡大の芽があざらいになる場合があった。実験結果からすると、中間層のK<sub>u</sub>は $0.4 \text{ erg}/\text{cm}^3 \sim 1 \text{ erg}/\text{cm}^3$ が好ましいことがわかった。実験結果からすると、特にエラーレートを低下させるためには、最適な中間層は、TbGdFe合金を使用したときで、Tbに対するGdの原子比が5分の1以下の場合であった。なお、TbFeCo合金に非磁性金属等を添加してK<sub>u</sub>を減少させ、K<sub>u</sub>の値を上記範囲内にすることによっても比較的良好な記録再生結果が得られる。

【0046】ここで、第2のタイプの光磁気記録媒体において磁区拡大再生したときに、DWDDやCAREDにおいて発生していたゴースト信号が防止される理由について図を用いて以下に説明する。

【0047】図18(a)には、光スポットで媒体を走査したときに、光スポット内に存在する記録層5の記録磁区25が、キュリー温度以下に冷却されて再び磁化を取り戻した中間層4に転写されて再転写磁区31が生成された様子を示している。このとき中間層の再転写磁区31の高温側、すなわち右側の領域31Aでは静磁エネルギー反発力が強いために、中間層の再転写磁区31と再生層の磁区は交換結合できない。また、再転写磁区31の左側の領域31Bでは、再転写磁区31と再生層の磁区は交換結合できる状態であるが、転写磁区サイズが小さすぎて転写できない。したがって、転写磁区が現れないからゴースト信号も現れない。更に、図18(b)に示すように、図18(a)に示した状態からディスクがさらに回転移動した場合(記録磁区25が光スポットから離れた場合)、再転写磁区31の左側の交換結合しようとしている部分の面積が増えるために、再生層に転写磁区23が現れる。しかしながら、再生層の転写磁区23の右側の磁区55(光スポット側の磁区)は、中間層4との界面31Aにおいて静磁エネルギー反発力が優勢であるために反転することができず、したがって、ゴースト信号も発生しない。

【0048】DWDDでは、再生層、中間層、記録層の磁化を極めて小さく設計しているため、本発明のように

再生層と中間層の静磁エネルギー反発力は作用せず、容易に再生層に磁区が再転写する。したがって、再転写磁区の高温側磁壁は温度勾配に沿って移動してゴースト信号を発生させる。また、C A R E Dでは2000年日本応用磁気学会学術講演会で中間層の最適化した結果として、中間層にはK uの小さなG d F e C rが良く、T b F e C o S iでは特性が良くならないことを報告している。しかしながら、本発明では、T b G d F eを中間層に用いてゴースト信号が出現しないという結果が得られた。これは、中間層の非磁性領域が高温部から再び低温部に復活する場合、G d F e C rのK uがわずか $2 \times 10^5$  erg/cm<sup>3</sup>程度しかないために、再生層の静磁エネルギー反発力および交換エネルギー引力に反目しないよう面内方向を向いてそれらの力を減少させている。したがって、記録層の磁区は再生層に交換エネルギー引力で容易に転写し、ゴースト信号を発生させることとなる。しかし、後述する実施例8において使用したT b G d F eのK uは $7 \times 10^5$  erg/cm<sup>3</sup>と大きいために、中間層から再生層への再転写を容易に許さないためにゴースト信号は現れていないと考えられる。また、光磁気ディスクに膜面側から光を入射させて磁気光学効果を調べると、中間層にG d F e C rを用いた光磁気ディスクの場合には、カーヒステリシスループは左右どちらかにシフトして、しかも垂直磁化膜特有な急激な遷移を示さない。しかし、中間層にT b G d F eを用いた光磁気ディスクの場合には、外部磁界に対しシフトした部分で急峻な遷移を示す。したがって、中間層のK uによる影響を調べる方法として上記方法を使うことができる。

【0049】上記第2のタイプの光磁気記録媒体では、前述の式(1)に従って中間層4にTMリッチな希土類遷移金属を用いた例を説明した。しかし、静磁気的な反発力は拡大再生層3と記録層5の間に成り立っていてもよく、すなわち、前述の式(2)に従って中間層はREリッチであってもよい。図47には、再生温度近傍(120°C~160°C)で中間層がREリッチな状態を示した。この場合、光スポットに記録磁区5Aが近づいた状態では交換結合力によって拡大再生層3、中間層4及び記録層5の遷移金属のスピント同一方向(上向き)を向いており、中間層4の磁区4Aと記録層5の磁区5Aとの間で静磁気的な反発力が生じていることがわかる。更にディスクが回転して光スポットに近づくと、図48に示すように、磁区4Aに隣接する磁区4Bでは、その直下の磁区5Bとの交換結合力が衰弱してこれらの磁区間での静磁気的な反発力が交換結合力よりも勝るので、中間層の磁区4Bが反転する。これをきっかけとして磁区4Bと交換結合力によって転写されていた拡大再生層の磁区3Bもまた反転する。磁区3Bの反転は、磁区3Aの拡大開始に相当する。磁区3Aはこの後さらに最小磁区径までの拡大することになる。このように、静磁気的

な反発力が拡大再生層3と記録層5の間に存在する場合、すなわち、前述の式(2)が成立する場合であっても本発明の磁区拡大再生の効果が得られる。なお、前述の式(2)は、上記の第1のタイプの光磁気記録媒体でも後述する第3のタイプの光磁気記録媒体にも適用可能である。

【0050】[第3のタイプの光磁気記録媒体]  
第3のタイプの光磁気記録媒体は、中間層と記録層の界面または中間層と拡大再生層の界面に中間層を構成する物質とは異なる物質を介在させて有する。この物質は、それらの界面における中間層のキュリー温度を低下させるか、あるいはその物質自体のキュリー温度が中間層のキュリー温度よりも低い。そのような物質を中間層の表面または中間層と記録層若しくは拡大再生層との界面に有することにより記録層と拡大再生層の交換結合力が再生温度にて遮断される。そのような物質を導入するには、中間層またはその界面をスパッタリング、イオンエンチャージングまたは加熱処理すればよい。あるいは、記録層と中間層の界面または拡大再生層と中間層の界面にキュリー温度の低い物質、例えば希土類元素またはニッケルからなる層を気相法などで堆積してもよい。

【0051】第3のタイプの光磁気記録媒体では、中間層4は、再生温度以上において磁化が残っていても良い。すなわち、中間層4の材料としてそのキュリー温度が再生温度、特に160°C以上であってもよい。従って、第3のタイプの光磁気記録媒体では、第1のタイプの光磁気記録媒体と同様に中間層のキュリー温度は拡大再生層のキュリー温度よりも高く設定してもよい。

【0052】第1~第3のタイプの光磁気記録媒体において、再生層に転写された磁区を、より一層容易に拡大させるためには、再生層の磁化をある程度小さくすることが望ましく、例えば再生層の飽和磁化が、120°Cの温度で $80 \text{ emu/cm}^3$ 以下であることが好ましい。更に、ゴースト信号の発生を防止するために、再生層の飽和磁化は、120°C近傍で $40 \text{ emu/cm}^3$ 以上であることが好ましい。

【0053】第1~第3のタイプの光磁気記録媒体において、図15(b)に示すような交換エネルギー引力(交換結合力)が再生温度領域と低温領域との境界で急激に減少するように設計することが好ましい。これにより、再生層に転写された微小磁区の光スポット中心側の磁壁が光スポット中心側に向かうことにより、再生層に転写された微小磁区が拡大しても、微小磁区の光スポット中心と反対側の磁壁は動かさずに固定されている(図6の前側エッジ3AF及び後側エッジ3AR参照)ので、より安定な拡大再生が可能になる。図15(b)に示す交換エネルギー引力曲線の傾きを再生温度領域と低温領域との境界において急峻にするためには、例えば、中間層の室温での垂直磁気異方性エネルギーを $0.4 \times 10^6$  erg/cm<sup>3</sup>以上にすればよい。

【0054】本発明において、特に第2のタイプの光磁気記録媒体において、中間層の磁化は、ある程度大きいことが好ましく、100°C付近での飽和磁化を50emu/cm<sup>3</sup>以上にすることが好ましい。これにより、再生層の転写磁区を容易に拡大させるための適当な静磁エネルギー反発力が得られ、また、DWDDやCAREDのようなゴースト信号の発生を防止することができる。かかる特性を有する材料としては、例えば、Tbに対しGdが5分の1以下の割合で含まれるようなTbGdFe合金が好ましい。若干のGdのかわりに非磁性金属を添加しても良い。また、第2のタイプの光磁気記録媒体において、中間層のキュリー温度が高すぎると、情報を再生したときに、再生層からの磁区拡大信号が小さくなる恐れがあるので、中間層のキュリー温度は160°C以下が好ましい。

【0055】また、図15(b)に示すように適度な静磁エネルギー反発力を得るために記録層の飽和磁化が150°Cから200°Cの温度範囲で50emu/cm<sup>3</sup>以上であることが好ましい。

【0056】本発明の光磁気記録媒体は、再生層が20°Cからキュリー温度付近までの温度範囲において垂直磁化膜であるため、再生層に再び記録層の磁区が再転写されてゴースト信号が発生することを効果的に防止している。かかる再生層としては、GdFe、GdFeCoなどのGdFe合金が最適である。

【0057】本発明の光磁気記録媒体の記録層は、アルゴンを主体とするスパッタガスを用いて0.4Pa以上のガス圧で成膜されていることが好ましい。0.4Pa以上のガス圧で成膜された記録層は、磁性粒子が微細化しているために、記録層に細かな反転磁区が存在できるようになり、微小磁区を確実に形成することが可能となる。

【0058】また、記録層に微小磁区を形成するには、情報記録時に、記録層以外の磁性層からの漏洩磁界の影響を低減することが好ましい。そのためには、例えば、再生層のキュリー温度を、記録層のキュリー温度よりも30°C以上低くすればよい。これにより、情報記録時の記録用レーザー光の照射による加熱で再生層の磁化が消失または小さくなるため、記録層に漏洩磁界が印加されることが防止または低減される。また、記録層に微小磁区を形成することができるようするために、記録層に、例えば、Pt、Pd、Au、Ag等の貴金属を主体とする金属、あるいはSiO<sub>2</sub>等の誘電体からなる粒径20nm以下のクラスターを、30%以下の濃度で混入させればよい。記録層に混入させる物質の濃度が30%を超えると、磁化や垂直磁気異方性エネルギーが減少して記録性能が落ちる恐れがあるため30%以下であることが好ましい。かかる記録層は150°C付近で交流消磁した場合に、磁区径が50nm以下になり、100nm以下の磁区の記録が容易になる。

【0059】また、更に細かな微小磁区を記録層に記録するために、記録層の一部あるいは全部を、例えばCoを主体とする0.4nm以下の磁性層と、PdあるいはPtを主体とする1.2nm以下、好ましくは0.8nm以下の厚さの金属層とを5組以上40組以下で交互に積層した磁性多層膜を利用すると良い。かかる磁性多層膜は、TbFeCo単層に比べて2倍以上も垂直磁気異方性エネルギーが大きい。垂直磁気異方性エネルギーの大きな記録層は、形成される微小磁区を長期にわたって安定に保存することができる。また、磁性多層膜の大きな垂直磁気異方性エネルギーは、この磁性多層膜の下地の状態に応じて異なる。記録層として磁性多層膜を用いた場合、その下地層には、Pt、Pd、Au、Ag等の貴金属を主体とする金属あるいはSiO<sub>2</sub>等の誘電体からなる粒径20nm以下のクラスターが混入して粒径20nm以下になっている状態が好ましい。細かな微小磁区を記録層に記録するため、記録層の一部あるいは全部をCoとPdあるいはPtを主体とする局所化合物合金から形成してもよい。あるいは、情報記録層に接して磁区拡大用再生層の反対側にPt、Pd、Au、Ag等の貴金属を主体とする金属層あるいはこれにSiO<sub>2</sub>等の誘電体の粒径50nm以下のクラスターが原子量比にして10%以上混入している層を厚さ20nm以上で形成してもよい。

【0060】本発明の光磁気記録媒体を用いて高分解能な記録再生を行った場合、再生波形に以下の特徴が生ずる。例えば、レーザー光の波長をλ、対物レンズの開口数をNAとし、λ/NAの2倍の長さを周期Lとした場合、0.2(または0.1)×Lの長さの最密記録磁区を最も大きな信号対雑音比(C/N)が得られる再生パワー(P<sub>r</sub>)において、周期Lで0.2(または0.1)×Lの長さの孤立磁区を記録した時の再生波形の信号強度A及び半値幅Bに比べて、この孤立磁区をP<sub>r</sub>の2分の1の再生パワーで再生した再生波形の信号強度がAの2分の1以下、半値幅がBの2倍以上になっている。このような条件を満たした場合、分解能、再生信号強度共に高密度記録再生を可能にすることができる。

【0061】以上述べてきたことは、線密度方向の密度向上に極めて有効な方法であるが、トラック方向に密度を詰めるには、以下の方法が有効である。例えば、基板として、ランド部、グループ部両方を記録エリアとする時、グループの半値幅をランドの半値幅よりも広くするのが有利である。これは成膜によって実効的にグループ幅が狭くなるためである。これにより、ランド部とグループ部での記録再生特性の差を解消することができる。あるいは、ランドまたはグループのいずれか一方に情報を記録してもよい。この場合には、情報記録する一方の面積を他方の面積よりも少なくすることができる。

【0062】また、本発明の光磁気記録媒体は、DWDD媒体と異なり、深溝ランドグループ基板を用いる必要

21

がなく、既存の基板を用いることができる。

【0063】本発明の光磁気記録媒体が基板側から光を入射させて記録再生が行われる場合、用いられる基板は、その屈折率をnとしたときに、基板成型の容易さから、ランドの側壁の高さ（またはグループ深さ）が入／(16n)～入／(5n)であることが好ましい。光磁気記録媒体の基板と反対側から光を入射させて記録再生が行われる場合には、ランドの側壁の高さ（またはグループ深さ）が入／16～入／5であることが好ましい。

【0064】本発明においては、図21に示すように、光磁気記録媒体の基板上に形成されるグループの半値幅G（グループ深さDの2分の1の深さにおけるグループ幅をいう）がランド半値幅L（グループ深さDの2分の1の深さにおけるランド幅をいう）より大きく、該グループ部に情報を記録することにより記録再生パワー感度を向上させることができる。本発明者の実験によると、ランド記録方式媒体とグループ記録方式媒体とでは、記録再生パワー感度が異なることが分かった。基板の形状に起因して記録再生時の熱流の挙動がランド部とグループ部で異なり、特に、ランド部では熱が逃げやすく、このためパワー感度が低下すると考えられる。本発明では、光磁気記録媒体のグループ半値幅(G)とランド半値幅(L)との比(G/L)が1.3≤(G/L)≤4.0であることが望ましい。G/Lをこの範囲に維持することにより、ピットエラーレートを低減して良好なC/Nを得ることができる。また、トラッキングに必要な十分なブッシュブル信号を確保することができる。

【0065】上記のようなG/L比の場合、グループ・ランドの形成されている領域の基板グループ深さ(D)が30nm～80nmであることが望ましい。再生グループ深さをこの範囲にすると、トラッキングを安定して行うのに十分なブッシュブル信号を確保することができ、また、グループ上で記録層等の層を必要な厚みで形成することができる。

【0066】ランド側壁面の傾斜角度(θ)は40°～75°であることが望ましい。傾斜角度(θ)をこの範囲にすると、隣接するトラックの影響による再生信号の劣化防ぎ、また、グループ上で記録層等の層形成を必要な厚みで形成することができる。

【0067】本発明に従えば、本発明の光磁気記録媒体に再生光を照射して上記記録層と再生層の交換結合力を遮断する温度以上に加熱して光磁気記録媒体から情報を再生することを特徴とする光磁気記録媒体の再生方法が提供される。この方法を用いるとゴースト信号を生じることなく、再生層に転写された磁区を確実に拡大して検出することができるので、高C/Nで大きな再生信号が得られる。この方法では、再生しようと記録磁区が再生光の中心に到達する前に記録磁区を検出することができる。また、この方法では、情報再生時に、外部磁界を光磁気記録媒体に印加する必要はない。

10

20

30

40

50

22

【0068】本発明に従えば、本発明の光磁気記録媒体を磁界変調記録するための光磁気記録再生装置が提供される。

【0069】本発明の光磁気記録再生装置は、本発明の光磁気記録媒体に、オーバーライト可能で、高線密度記録に優れた磁界変調記録方式により情報を記録することができます。記録再生装置は、光パルス磁界変調記録方式で光磁気記録媒体に情報を記録することができる。光パルス磁界変調記録の場合、パルスデューティーは25%～45%で良好な微小磁区記録が遂行できている。これは高速な熱レスポンスを必要とするためである。本発明の光磁気記録媒体は、再生信号のDC成分変動が比較的大きい。本発明の記録再生装置は、DC成分の変動を補うために、差分検出、微分検出あるいは100kHz以下の低域除去フィルターを用いて低域信号をカットするための信号処理装置を備え得る。更に、安定した磁区拡大再生を実現するためには、磁区拡大を積極的に誘発するトリガーが必要となる。これは、再生光パワーを一定値ではなく変調して照射することにより実現できる。より好ましくは、基板上に基準クロックを予め埋め込んでおいて、これよりPLL回路で精密なクロックを作製し、記録再生の同期精度を高める装置を用いることである。トリガーを発生させる別の方法としては、再生磁界を印加する方法や再生磁界を一定値ではなく変調して印加することが有効である。この場合も基板に埋め込んだクロックビットにより記録再生の正確な同期再生を行うことが好ましい。

【0070】

【発明の実施の形態】以下、本発明に従う光磁気記録媒体、その再生方法及び記録再生装置の実施例について具体的に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0071】

【実施例1】この実施例では、図20に示したような構造の光磁気ディスク300を製造する。光磁気ディスク300は、本発明の第1のタイプの光磁気記録媒体に相当する。光磁気ディスク300は、基板1上に、誘電体層2、拡大再生層(磁区拡大再生層)3、拡大トリガー層4'、記録層5、保護層7、ヒートシンク層8及び保護コート層9を備える。かかる光磁気記録媒体300は、高周波スピッタ装置を用いて以下のようにして製造した。

【0072】基板1には、図21に示したような形状のポリカーボネート基板を用いた。基板1は、トラックピッチTP=700nm、ランド半値幅L=200nm、グループ半値幅G=500nm、グループ深さD=60nm及び厚さ0.6mmを有する。なお、ランド半値幅L及びグループ半値幅Gはそれぞれグループ深さDがD/2となる深さ位置におけるランド及びグループの幅を意味する。ランド側壁の傾斜角（あるいはグループの傾

斜角)  $\theta$  は約  $65^\circ$  であった。基板 1 を、高周波スパッタ装置の成膜室内の基板ホルダに装着し、成膜室を到達真空度  $1.0 \times 10^{-5}$  Pa まで排気した後、基板 1 上に誘電体層 2 として SiN を  $60\text{ nm}$  の膜厚で成膜した。

【0073】次いで、誘電体層 2 上に拡大再生層 3 として、希土類リッチな GdFeCo アモルファス合金を膜厚  $20\text{ nm}$  で成膜した。この GdFeCo アモルファス合金は、キュリー温度が約  $230^\circ\text{C}$ 、補償温度がキュリー温度以上である。 $160^\circ\text{C}$  における飽和磁化は約  $30\text{ emu/cm}^3$  であった。拡大再生層 3 を成膜する際のスパッタガス圧は  $0.3\text{ Pa}$  に調整した。次いで、拡大再生層 3 上に、拡大トリガー層 4' として、遷移金属リッチな TbGdFeCo アモルファス合金層を膜厚  $10\text{ nm}$  で形成した。この TbGdFeCo アモルファス合金は約  $240^\circ\text{C}$  のキュリー温度、室温以下の補償温度を有する。この拡大トリガー層 4' は、室温から約  $120^\circ\text{C}$  までは垂直磁化を示し、約  $140^\circ\text{C}$  から面内磁化成分が増大し、キュリー温度までは面内磁化を示す。

【0074】次いで、拡大トリガー層 4' 上に記録層 5 として TbFeCo アモルファス合金を膜厚  $60\text{ nm}$  で形成した。記録層 5 の Co 量は拡大トリガー層中の Co 量よりも多い。この TbFeCo アモルファス合金は約  $270^\circ\text{C}$  のキュリー温度、 $80^\circ\text{C}$  の補償温度を有する。記録層 5 の成膜時のスパッタガス圧は  $1\text{ Pa}$  とした。このように記録層成膜時のスパッタガス圧を拡大再生層成膜時の 2 倍以上にするのは、スパッタガスを高くすることによって微小磁区が形成されやすくして記録密度を高くするためである。記録層成膜時のスパッタガス圧は、 $0.4\text{ Pa}$  以上が好ましい。一方、拡大再生層について最小磁区径を大きくするために、スパッタガス圧をそれほど上げないほうがよい。

【0075】次いで、記録層 5 上に、保護層 7 として SiN を膜厚  $20\text{ nm}$  にて成膜し、保護層 7 上にヒートシンク層 8 として Al を膜厚  $30\text{ nm}$  にて成膜した。その後、このディスクをスパッタ装置から取り出して、紫外線硬化樹脂を約  $5\mu\text{m}$  の厚みでスピンドルコートし、紫外線を照射して硬化させた。こうして図 20 に示した積層構造を有する光磁気ディスク 300 を得た。

【0076】こうして得られた光磁気ディスク 300 の性能を以下のようにして評価した。評価には、波長  $650\text{ nm}$ 、対物レンズの開口数 NA =  $0.60$  の光学ヘッドを搭載した市販テスターを用いた。光学ヘッドから照射した光ビームの光磁気ディスク上での光スポット径は約  $1\mu\text{m}$  であった。ディスク線速度が  $3.5 \sim 5.0\text{ m/sec}$  になるようにディスクを回転した。最初に、光スポット径の 5 分の 1 に相当する直径  $0.2\mu\text{m}$  の磁区を光パルス磁界変調記録で記録層に形成した。この際、記録クロック周期を  $40\text{ nsec}$  とし、光パルス幅は  $1\text{ nsec}$ 、記録レーザーパワーはディスク記録面で約

$10\text{ mW}$  とした。この光パルスを光磁気ディスクに照射しながら、記録磁界としてパルス幅  $40\text{ nsec}$  の  $+3000\text{ Oe}$  の正磁界と、パルス幅  $360\text{ nsec}$  の  $-3000\text{ Oe}$  の負磁界を組み合わせてそれを繰り返し印加した。したがって、記録磁区長は、例えば、プラス磁界が記録方向(黒磁区形成)で、マイナス方向が消去方向(白磁区)であるとすると、黒磁区が  $200\text{ nm}$ 、白磁区が  $1800\text{ nm}$  の長さでそれぞれ形成された。

【0077】こうして光磁気ディスクに形成された繰り返し記録バターンを再生光を照射して再生した。再生光は連続光とした。再生光パワー  $P_w = 1.5\text{ mW}$  の場合、この繰り返し記録バターンはわずかな信号強度ではあるが、図 22 に示すような波形として観察することができた。光スポット径は約  $1\mu\text{m}$  であったので、 $0.2\mu\text{m}$  の記録磁区の再生信号波形の裾野の長さは  $1\mu\text{m} + 0.2\mu\text{m}$ 、すなわち  $1.2\mu\text{m}$  となっていることがわかる。半値幅は約  $0.6\mu\text{m}$  であった。次いで、再生光パワーを  $3.0\text{ mW}$  に変更して上記繰り返し記録バターンを再生したところ、図 22 に示すような再生波形が得られた。図 22 からわかるように半値幅は記録磁区の長さと同じ  $0.2\mu\text{m}$  であり、この半値幅は再生光パワーが  $1.5\text{ mW}$  のときの約 3 分の 1 と狭くなっていることがわかる。一方で、再生信号強度は再生光パワーが  $1.5\text{ mW}$  のときに比べて 2 倍以上に増大している。図 22 の再生信号波形からすれば、再生光パワーが  $3.0\text{ mW}$  の場合には、記録磁区が再生層に転写され拡大されて再生されていることがわかる。一方、再生光パワーが  $1.5\text{ mW}$  の場合には拡大が起こっておらず、再生層に転写された記録磁区がそのまま再生されていると考えられる。

【0078】さらに、図 22 の波形を比較すると以下の重要なことがわかる。再生光パワーが  $3.0\text{ mW}$  の場合のピーク中心は再生光パワーが  $1.5\text{ mW}$  のピーク中心に比べて時間的に早く現れている。すなわち、再生層に転写された磁区の拡大が起こるときには、転写された磁区が光スポットの中心に到達する前にこの磁区を検出することができる。これは、図 5 に示したように、光スポットに入りかけた記録磁区 A が拡大再生層 3 に転写されて光スポット内で拡大しているという理論説明からも分ろう。このように、記録磁区を光スポットの中心から時間的にアドバンスして検出することは、本発明の光磁気記録媒体を用いた再生方法の大きな特徴である。

【0079】次に、光スポット径の約 10 分の 1 に相当する最短マーク長  $0.12\mu\text{m}$  の NRZI ランダムパターンを記録して、このパターンを種々の再生光パワーで再生した。再生信号からエラーレートの再生パワー依存性を測定し、結果を図 23 に示す。5000 個のデータを記録した場合に、エラーが一つであればエラーレートは  $5 \times 10^{-4}$  であり、実用的にはデータ修正が可能である。図 23 より  $5 \times 10^{-4}$  以下のエラーレートを満

足する再生パワーマージンは 20.5% であり、 $\pm 10\%$ 以上を実現していることがわかる。それゆえ、本発明の光磁気ディスクは再生パワーマージンに関して充分実用可能な媒体であるといえよう。次に、記録パワーを変化させて最短マーク長 0.12 μm の NRZI ランダムパターンを記録し、これらの記録情報を再生した場合のエラーレートを求めた。記録パワーに対するエラーレートの変化を図 24 に示した。再生パワーと同様に記録パワーが  $\pm 10\%$  以上 (22.5% 以上) 変化しても  $5 \times 10^{-4}$  以下のエラーレートが確保できることがわかった。それゆえ、本発明の光磁気ディスクは記録パワーマージンに関しても満足している。さらに、光磁気ディスクの傾きに対する実効レーザーパワーの低下を観測したところ、実用化目標である  $\pm 0.6^\circ$  を満足していることがわかった。

## 【0080】

【実施例 2】光磁気ディスクの拡大再生層 3 を  $10 \sim 50 \text{ nm}$  の種々の膜厚に変更した以外は、実施例 1 と同様にして複数の光磁気ディスクのサンプルを製造した。それらの光磁気ディスクについて実施例 1 と同様にしてピットエラーレート (BER) を測定した。拡大再生層 3 の種々の膜厚  $t$  と測定したピットエラーレートの関係を図 31 に示す。図 31 より、拡大再生層 3 の膜厚  $t$  が  $15 \sim 30 \text{ nm}$  の範囲で  $1 \times 10^{-4}$  のピットエラーレートを達成していることがわかる。これは、拡大再生層 3 の膜厚がこれよりも薄いと再生層を通して拡大トライガーレベルおよび記録層の記録磁区が見えるため正確な信号再生が困難になる。また、拡大再生層 3 の膜厚が  $30 \text{ nm}$  よりも厚くなると微小記録磁区の磁気転写が困難になり、微小磁区の拡大が起こり難いと考えられるからである。それゆえ、拡大再生層 3 の膜厚としては  $15 \sim 30 \text{ nm}$  が望ましい。

## 【0081】

【実施例 3】この実施例では、実施例 1 で製造した光磁気ディスクの拡大再生層と記録層との間で働く交換結合磁界（交換結合力）の大きさの求め方について説明する。交換結合力は拡大再生層側から磁気光学カーラー ( $K_{err}$ ) 効果の磁界依存性を測定することにより求めることができる。図 25 に、実施例 1 の光磁気ディスクの室温におけるヒステリシス曲線を示している。このヒステリシス曲線は、測定光を拡大再生層側から入射し極磁気光学  $K_{err}$  回転角の磁界依存性測定により求めた。拡大再生層には、保磁力の大きな情報記録層から交換結合磁界が作用しており、ヒステリシス曲線はその分左（マイナス磁界側）にシフトしている。このシフト量が交換結合磁界に相当する。

【0082】交換結合磁界 ( $H_{exc}$ ) の温度依存性を図 26 に示す。拡大再生層に転写された磁区を維持するのに必要な交換結合磁界の大きさとして、例えば、 $3 \text{ kOe}$  程度になる温度において、交換結合磁界（交換結合

力）の温度勾配を測定すると  $-350 \sim -1850 \text{ e}/^\circ\text{C}$  であった。この交換結合磁界は、拡大再生層の厚みが薄くなると大きくなり、拡大再生層の飽和磁化が小さくなるほど大きくなることがわかっている。そこで、拡大再生層の膜厚や飽和磁化等を変化させた種々の光磁気ディスクを作製し、これらの交換結合磁界の温度依存性を測定し、交換結合磁界が  $3 \text{ kOe}$  程度になる温度における温度勾配を求めた。なお、飽和磁化は拡大再生層中の  $Gd$  の組成を変更して調整した。これらの光磁気ディスクの最短マーク長  $0.12 \mu\text{m}$  におけるピットエラーレート (BER) を測定し、温度勾配とピットエラーレートの関係を調べた。記録パターンには NRZI を用いた。この最短マーク長は光スポット径の約 8 分の 1 であり、光の分解能をはるかに越えている。絶対値で表示した温度勾配に対するピットエラーレートの変化を図 45 に示した。一般に、良好なピットエラーレートは  $1 \times 10^{-4}$  あるいは  $5 \times 10^{-4}$  以下が実用的なところであり、 $5 \times 10^{-4}$  で見てみると、この温度勾配が  $-100 \text{ Oe}/^\circ\text{C}$  以上の急勾配であれば良好なピットエラーレートが得られることがわかった。

## 【0083】

【実施例 4】実施例 1 で製造した光磁気ディスクの拡大再生層の膜厚を  $10 \text{ nm}$  から  $40 \text{ nm}$  まで変化させるとともに、拡大再生層の組成を変更することで飽和磁化（室温での飽和磁化）を種々の値に変更した拡大再生層を備えた光磁気ディスクを用意した。これらの光磁気ディスクについて実施例 1 と同様にしてピットエラーレート (BER) を測定した。最短マーク長は  $0.13 \mu\text{m}$  とした。膜厚と飽和磁化の積とピットエラーレートの関係を図 27 に示した。拡大再生層の膜厚  $t$  と飽和磁化  $M_s$  の積は、磁区拡大を生じさせる磁気的なエネルギーに相当する。ピットエラーレート  $5 \times 10^{-4}$  を満足する範囲を見てみると、膜厚と飽和磁化の積が  $80 \mu\text{emu}/\text{cm}^2 \sim 220 \mu\text{emu}/\text{cm}^2$  であれば比較的良好なピットエラーレートが得られることが図 27 よりわかる。

【0084】拡大再生層の  $M_s \times t$  は、製造された光磁気ディスクからも測定することができる。図 46 に本発明ディスクの  $120^\circ\text{C}$  付近での単位面積 ( $\text{cm}^2$ ) あたりの磁化測定の結果を示す。拡大再生用磁性層は保磁力が小さいために比較的小さな磁界で反転することが可能である。しかし、情報記録層は保磁力が大きく簡単に磁化反転しない。したがって、図 46 中、負の低磁界側で現れるヒステリシスカーブの落下部、すなわち、外部磁界約  $7 \text{ kOe}$  での磁化変化（図中、A）は再生層の磁化反転に対応していると考えられる。また、更に印加磁界を大きくすると、情報記録層は外部磁界  $12 \text{ kOe}$  付近で反転し始めることがわかる。このように、磁化曲線の低磁界側のヒステリシスカーブの落下部から拡大再生層の単位面積あたりの磁化測定が可能になる。但し、

光磁気ディスクには中間層も含まれているために、ヒステリシスループから読み取れる磁化は中間層の磁化も含まれている。

#### 【0085】

【実施例5】基板のグループ深さを種々の深さに変更した以外は、実施例1と同様にして光磁気ディスクを作製した。作製したそれぞれの光磁気ディスクについて実施例1と同様にしてピットエラーレートを測定した。グループ深さDの変化に対するピットエラーレート(BER)の依存性を図28に示す。図28より、グループ深さが27nm～82nmであると $5 \times 10^{-4}$ 以下のピットエラーレートが得られることがわかる。一般にグループ深さは光の反射率に基づいて光の波長の関数として決定されるので、光の波長を入、光入射側基板あるいは保護層の屈折率をnとすると、最適グループ深さは入/ $16n \sim \lambda/5n$ となる。

#### 【0086】

【実施例6】ランド半値幅Lに対するグループ半値幅Gの比G/Lを種々の値に変化させた基板を用いた以外は実施例1と同様にして光磁気ディスクを作製した。これらの光磁気ディスクについて実施例1と同様にして最短マーク長を0.13μm(NRZI)とした場合のピットエラーレートを測定した。G/Lに対するピットエラーレートの変化を図29に示す。G/Lが1.2～4.5の範囲内であれば $5 \times 10^{-4}$ 以下のピットエラーレートが得られていることがわかる。

#### 【0087】

【実施例7】ランド側壁の傾斜角θを種々の値に変化させた基板を用いた以外は実施例1と同様にして光磁気ディスクを作製した。これらの光磁気ディスクについて実施例1と同様にしてピットエラーレートを測定した。但し、記録したNRZIランダムパターンにおける最短マーク長は0.13μmとした。測定結果を図30に示す。図30よりランド側壁の傾斜角θが35°～77°の範囲で $5 \times 10^{-4}$ 以下のエラーレートが得られることがわかる。

#### 【0088】

【実施例8】図32に、本発明に従う光磁気記録媒体の概略構成を示す。光磁気記録媒体100は、基板1上に、誘電体層2、拡大再生層3、中間層4、記録層5、補助磁性層6、保護層7及びヒートシンク層8を備える。かかる光磁気記録媒体100は、高周波スパッタ装置を用いて以下のようにして成膜した。

【0089】基板1には、0.6μmのランド幅、0.6μmのグループ幅、溝深さ60nmを有する厚さ0.6mmのポリカーボネート基板を用いた。スパッタ装置の成膜室に基板1を装着し、成膜室を到達真空度 $8 \times 10^{-6}$ Paまで排気した後、基板を80°Cで5時間真真空ベックし、かかる基板1上に、誘電体層2としてSiNを60nmの膜厚で成膜した。

【0090】次いで、誘電体層2上に拡大再生層3として、希土類遷移金属合金GdFeを膜厚20nmで成膜した。GdFeは、キュリー温度が約240°C、補償温度がキュリー温度以上である。160°Cにおける飽和磁化は約55emu/cm<sup>3</sup>であった。次いで、拡大再生層3上に、中間層4として、室温以下に補償温度を有する希土類遷移金属合金TbGdFeを膜厚10nmで成膜した。キュリー温度は約150°Cである。TbとGdの比率は14%であった。次いで、中間層4上に記録層5としてキュリー温度が280°Cで補償温度が室温付近にある希土類遷移金属合金TbFeCoを膜厚60nmで成膜した。拡大再生層3、中間層4及び記録層5の3層の磁性層は全て室温からキュリー温度まで垂直磁化膜であった。

【0091】次いで、記録層5上に、小さな記録磁界で正確な記録ができるようにするために、補助磁性層6として、補償温度が室温以下で290°Cのキュリー温度を有する希土類遷移金属合金GdFeCoを膜厚10nmにて成膜した。次いで、補助磁性層6上に、保護層7としてSiNを膜厚20nmにて成膜し、保護層7上にヒートシンク層8としてA1を膜厚30nmにて成膜した。こうして図32に示した積層構造を有する光磁気記録媒体100を作製した。

【0092】つぎに、光磁気記録媒体を評価機に装着して記録再生テストを行った。記録再生テストでは、波長650nmのレーザー光と、開口数NAが0.60の対物レンズを用いた。線速度は5m/secである。また、磁気記録再生層における磁区拡大現象を確認するために、光磁気記録媒体に、光バルス磁界変調記録方式を用いて、レーザー光の記録パワーを10mW、記録磁界±2000eとして、長さ0.20μmの孤立磁区を記録した。光のバルスデューティーは30%とした。記録周期は2.0μmとした。この値は、光スポット径入/NA(約1μm)の約2倍の長さである。一方、記録した孤立磁区長さは、光スポット径入/NAの約5分の1の長さに相当する。

【0093】かかる孤立磁区が形成された光磁気記録媒体を、再生パワー1.5mWと3.0mWの2種類の再生パワーを用いて再生した。図33に、再生パワー1.5mWにて再生した場合と、再生パワー3.0mWにて再生した場合の孤立磁区再生信号を示す。ここで、3.0mWの再生パワーは、予備実験によって、信号対雑音比(C/N)が最大となる最適再生パワーであることを確認した。再生パワーが1.5mWの場合には、再生信号波形の半値幅が0.66μm、裾野の幅が1.34μm、信号振幅が約54mVである。一方、再生パワーが3.0mWの場合には、再生信号波形の半値幅が0.20μm、裾野の幅が0.64μm、信号振幅が約126mVである。この結果から、再生信号波形の幅が狭くなつて分解能が向上し、信号振幅も増大しており、再生パ

ワーを3.0mWに調節することにより磁区拡大再生に成功していることがわかる。

【0094】一般に、信号振幅は再生パワーが高いほど増大する。しかし、再生パワーが高くなると、再生層の温度が上昇して磁気光学効果が減少してしまう。実際に、高温ではかなり磁気光学効果が減少してしまう。そこで、参考のために、拡大再生層における磁区の拡大率を算出した。拡大率は、再生パワーで上記信号振幅を規格化することにより概算した。再生パワー1.5mWの時の規格化された信号振幅は36mV/mW、3.0mWの時の規格化された信号振幅は42mV/mWとなり、少なくとも16%以上拡大していることがわかる。

【0095】つぎに、本実施例の光磁気記録媒体の信号対雑音比(C/N)のマーク長依存性を調べた。図34に、その結果を示す。図34には、比較として、DWDDの報告例(T.Shiratori : J. Magn. Soc. Jpn., Vol.22 Supplement No.2(1998) p50Fig.10)の光磁気記録媒体及び通常の光磁気記録媒体の信号対雑音比(C/N)のマーク長依存性も示した。図34のグラフから、例えば、上記0.20μmのC/Nは、本発明では45.4dBと極めて大きな値を示しているが、DWDDでは41dB程度と低い。また、DWDDでは長いマークはゴースト信号のため測定できていないが、本発明ではマーク長が1.0μmであっても45dBを超える再生信号が得られている。

【0096】図35には、本発明の最短マーク長0.12μmのNRZIランダムパターンの再生波形を示す。本発明の光磁気記録媒体はゴースト信号が出ないために、記録マークの長さを制限する必要がなく、マーク長にかかわらず良好なアイバターンが得られた。図35の信号の真中を単純にスライスしてピットエラーレートを測定したところ $4.7 \times 10^{-5}$ であった。実用上の目安となる $1 \times 10^{-4}$ を大幅にクリアしている。

#### 【0097】

【実施例9】図36に、本発明の光磁気記録媒体の記録再生に最適な記録再生装置の構成を示す。図36に示した記録再生装置71は、光磁気ディスク100にコードデータと同期した一定周期でパルス化された光を照射するためのレーザー光照射部と、記録再生時に光磁気ディスク100に制御された磁界を印加する磁界印加部と、光磁気ディスク100からの信号を検出し及び処理する信号処理系とから主に構成する。レーザー光照射部において、レーザー72はレーザー駆動回路73及び記録パルス幅/位相調整回路74(RC-PPA)に接続し、レーザー駆動回路73は記録パルス幅位相調整回路74からの信号を受けてレーザー72のレーザパルス幅及び位相を制御するようになる。記録パルス幅/位相調整回路74はPLL回路75から後述するクロック信号を受け記録光の位相及びパルス幅を調整するための第1同期信号を発生させる。

【0098】磁界印加部において、磁界を印加する磁気コイル76は磁気コイル駆動回路(M-DRIVE)77と接続し、記録時には磁気コイル駆動回路77はデータが入力される符号器70から位相調整回路(RE-PA)78を通じて入力データを受けて磁気コイル76を制御する。一方、再生時には、PLL回路75から後述するクロック信号を受けて再生パルス幅・位相調整回路(RP-PPA)79を通じて位相およびパルス幅を調整するための第2同期信号を発生し、第2同期信号に基づいて磁気コイル76を制御する。磁気コイル駆動回路77に入力される信号を記録時と再生時で切り換るために、記録再生切換器(RC/RPSW)80を磁気コイル駆動回路77に接続する。

【0099】信号処理系において、レーザー72と光磁気ディスク100との間には第1の偏光プリズム81を配置し、その側方には第2の偏光プリズム82及び検出器83及び84を配置する。検出器83及び84は、それぞれ、1/V変換器85及び86を介して、共に、減算器87及び加算器88に接続する。加算器88はクロック抽出回路(SCC)89を介してPLL回路75に接続する。減算器87はクロックに同期して信号をホールドするサンプルホールド(S/H)回路90、同様にクロックと同期してアナログデジタル変換を行うA/D変換回路91、2値化信号処理回路(BSC)92を介して復号器93に接続する。

【0100】信号処理系は、図36に示すように、S/H回路90とA/D変換回路91との間に、低域信号をカットする信号処理装置190を備える。信号処理装置190は、サンプルホールドの後、イコライジング回路で波形等価し低域のノイズを圧縮してA/D回路で変調信号を形成する。

【0101】上記装置構成において、レーザー72から出射した光をコリメータレンズ94によって平行光にし、偏光プリズム81を通って対物レンズ95によって光磁気ディスク100上に集光する。ディスクからの反射光は偏光プリズム81によって偏光プリズム82の方に向むけ、1/2波長板96を透過した後、偏光プリズム82で二方向に分割する。分割した光はそれぞれ検出レンズ97で集光して光検出器83及び84に導く。ここで、光磁気ディスク100上にはトラッキングエラー信号及びクロック信号生成用のビットが予め形成しておけば良い。クロック信号生成用ビットからの反射光を示す信号を検出器83及び84で検出した後、クロック抽出回路89において抽出する。次いでクロック抽出回路89に接続したPLL回路75においてデータチャネルクロックを発生させる。

【0102】データ記録の際に、レーザー72はレーザー駆動回路73によってデータチャネルクロックに同期するように一定周波数で変調し、幅の狭い連続したパルス光を放射し、回転する光磁気ディスク100のデータ

記録エリアを等間隔に局部的に加熱する。また、データチャネルクロックは、磁界印加部の符号器 70 を制御して、基準クロック周期のデータ信号を発生させる。データ信号は位相調整回路 78 を経て磁気コイル駆動装置 77 に送る。磁気コイル駆動装置 77 は、磁界コイル 76 を制御してデータ信号に対応した極性の磁界を光磁気ディスク 100 のデータ記録エリアの加熱部分に印加する。

**【0103】**記録方式としては光パルス磁界変調方式を用いる。この方式は印加した記録磁界が十分な大きさに到達したところでレーザー光をパルス状に照射するため、外部磁界の切り換わる領域で記録されるのを省くことができ、その結果微小な磁区を低ノイズで記録することが可能な技術である。

**【0104】**情報の再生には、光磁気記録媒体に再生磁界を印加する必要はなく、光磁気記録媒体に再生光を照射し、前述の第1～第3のタイプの光磁気記録媒体の再生原理に基づいて、記録層の微小磁区を再生層に転写して拡大させる。光磁気記録媒体からの戻り光を光検出器で検出して情報を再生する。再生光には、連続光またはパルス光を用いることができる。再生パワーが変調された再生光を用いることもできる。

**【0105】**光磁気記録媒体を再生する際、前述の原理に基づく再生層の磁区の拡大を容易にするために、変調された再生磁界を印加することもできる。

**【0106】**

10

\* 【実施例10】本発明に従う別の光磁気記録媒体を、図37及び図14を用いて説明する。図37に示したように、光磁気ディスク200は、基板1上に、誘電体層2、拡大再生層3、拡大トリガー層4'、記録層5、記録補助層6'、保護層7及びヒートシンク層8を備える。かかる光磁気ディスク200は、上記各層を高周波スパッタ装置(不図示)を用いて以下のように成膜した。

20

**【0107】**基板1は、直径120mm、厚さ0.6mmの透明なポリカーボネートである。基板1の表面には、射出成形により、図21に示すようにランド1Lと、ランド1L間に画成されるグループ1Gが形成されている。図21に示したように、ランド側壁LWの傾斜角をθとし、ランド1Lの高さ、即ち、グループ1Gの深さDの半分(D/2)の高さ位置におけるランド1Lの幅をランド半幅Lとする。また、グループ1Gの深さDの半分の高さ位置におけるグループの幅をグループ半幅Gとする。グループ半幅Gは、あるランドのランド側壁LWの高さ方向の中間地点と隣接するランドのランド側壁LWの高さ方向の中間地点の間の距離である。この場合、トラックピッチTPは、 $TP = G + L$ で表される。

**【0108】**本実施例では、表1に示すような種々の形状寸法を有する基板を用意した。

**【0109】**

**【表1】**

TP (μm)	G(μm)	L(μm)	G/L*	D (nm)	θ (°)
0.70	0.38	0.32	1.2	60	65
0.70	0.40	0.30	1.3	60	65
0.70	0.44	0.26	1.7	60	65
0.70	0.48	0.22	2.2	60	65
0.70	0.50	0.20	2.5	60	65
0.70	0.52	0.18	2.9	60	65
0.70	0.54	0.16	3.4	60	65
0.70	0.56	0.14	4.0	60	65
0.70	0.58	0.12	4.8	60	65
0.70	0.60	0.10	6.0	60	65
0.52	0.38	0.32	1.2	60	65

\* G/L は小数点第2位を四捨五入

**【0110】**上記の基板の表面に、それぞれ紫外線ランプを用いて、ピーク波長λが185+254nmの紫外線を照射した。上記ランプを基板1表面から70mm上方に設置し、基板1を2rpmの速度で回転させることにより、表面粗さ0.3nmとなるような平滑化した。

**【0111】**次いで、基板1のランド・グループ形成面

上に、ターゲット材料としてSiを用い、Ar+N<sub>2</sub>雰囲気中にて、誘電体層2を厚さ60nmで形成した。誘電体層2は、層内で再生用光ビームを多重干渉させ、検出されるカーブ転角を実質的に増加させるための層である。

50 **【0112】**次いで、誘電体層2表面上に、Gd及びF

eの単体ターゲットを同時スパッタし、膜厚20nmとなるように拡大再生層3を形成した。これにより、形成されたGdFe拡大再生層3は垂直磁化膜であり、キュリー温度は約240°C、補償温度はキュリー温度以上であった。拡大再生層3は、記録補助層6'から転写される磁区が拡大される層である。

【0113】次いで、拡大再生層3上に、Tb、Gd及びFeの単体ターゲットを同時にスパッタすることにより、拡大トリガー層4'を膜厚10nmで形成した。このとき、TbGdFe拡大トリガー層4'は垂直磁化膜であり、キュリー温度が140°C、補償温度が室温以下であった。拡大トリガー層4'は、拡大再生層3及び記録層5とそれぞれ磁気的に交換結合している。

【0114】次いで、拡大トリガー層4'上に、Tb、Fe及びCoの単体ターゲットを同時にスパッタすることにより、TbFeCo記録層5を膜厚75nmで形成した。記録層5のキュリー温度が250°C、補償温度が約25°Cであった。記録層5は、情報が磁化として記録される層である。

【0115】次いで、記録層5上に、Gd、Fe及びCoの単体ターゲットを同時にスパッタすることにより、GdFeCo記録補助層6'を膜厚10nmで形成した。記録補助層6'のキュリー温度が270°C、補償温度が室温以下であった。記録補助層6'は、記録層5と交換結合して、より小さい変調磁界で記録層5への記録を可能とする層である。

【0116】次いで、記録補助層6'上に、Ar+N<sub>2</sub>雰囲気中においてターゲット材料としてSiを用いてスパッタを行うことにより、保護層7を膜厚20nmで形成した。保護層7は、基板1上に積層された各層2~6を保護するための層である。

【0117】また、保護層7上に、AlTiの合金をターゲットに用いることにより、ヒートシンク層8を膜厚30nmで形成した。ヒートシンク層8は、記録時に光磁気ディスク内に発生する熱を外部に放熱するため層である。さらに、ヒートシンク層8上に、アクリル系の紫外線硬化型樹脂を塗布し、その後、紫外線を照射し、硬

化させることにより、保護コート層9を膜厚10μmで形成した。

【0118】次に、本実施例で作製した光磁気ディスク200を、不図示の光磁気記録再生装置を用いて情報の記録再生テストを行った。光磁気記録再生装置は、波長640nmのレーザー光と開口数(NA)0.6の対物レンズを有する光ヘッドを備えている。記録方式として、レーザー光をパルス状に照射して、外部磁界を記録情報に応じて変調させながら印加する、光パルス磁界変調方式を用いた。記録時の線速度は3.5m/secであり、記録磁界は±2000eに変調した。また、記録時のパルス光のデューティを30%とし、レーザー光の記録パワーに関しては最適化を行った。グループ部に最短マーク長0.12μmのランダムパターンを記録した後、最適化した再生パワーの再生光を用いて、ピットエラーレート(BER)を測定した。表1に示した種々のG/L比を有する光磁気ディスクについて、ピットエラーレートをそれぞれ測定し、図38のグラフにG/Lに対するピットエラーレートの変化を表した。ピットエラーレートの閾値(上限)を $5 \times 10^{-4}$ と定めた。図38のグラフより、G/Lが $1.3 \leq G/L \leq 4.0$ のときに、良好なピットエラーレートを示すことが分かる。

【0119】本実施例においては、光磁気ディスクとして8層(保護コート層9を除く)を有する例を示したが、基本的な層構成として、基板上に情報を保持する記録層とその保持された情報が再生時に転写される拡大再生層と有する光磁気ディスクであれば、G/Lの上記範囲が有効であることが分かった。また、本実施例においては、基板表面の平滑化方法として紫外線照射法を用いたが、基板加熱法やプラズマエッチング法等を用いてもよい。

【0120】

【実施例11】基板1のグループ及びランドの形状寸法を表2のように作製した以外は、実施例10と同様に光磁気ディスクを作製した。

【0121】

【表2】

TP ( $\mu\text{m}$ )	G ( $\mu\text{m}$ )	L ( $\mu\text{m}$ )	G/L*	D (nm)	$\theta$ ( $^{\circ}$ )
0.70	0.50	0.20	2.5	25	65
0.70	0.50	0.20	2.5	30	65
0.70	0.50	0.20	2.5	35	65
0.70	0.50	0.20	2.5	40	65
0.70	0.50	0.20	2.5	45	65
0.70	0.50	0.20	2.5	50	65
0.70	0.50	0.20	2.5	55	65
0.70	0.50	0.20	2.5	60	65
0.70	0.50	0.20	2.5	65	65
0.70	0.50	0.20	2.5	70	65
0.70	0.50	0.20	2.5	75	65
0.70	0.50	0.20	2.5	80	65
0.70	0.50	0.20	2.5	85	65
0.70	0.50	0.20	2.5	90	65
0.70	0.50	0.20	2.5	95	65

\* G/L は小数点第2位を四捨五入

【0122】本実施例においては、グループの深さDのみを変更して、複数の光磁気ディスクを作製した。実施例10と同様にして、不図示の光磁気記録再生装置を用いて、ランダムパターンを記録再生した。各光磁気ディスクについて、グループ深さDに対するピットエラーレートの変化を調べた。その結果を、図39に示した。ピットエラーレートの閾値を $1 \times 10^{-4}$ とした場合、図39より、Dの値が30nm～80nmであるときに、良好なピットエラーレートを達成していることが分かる。

【0123】変形例として、拡大トリガー層として、TbGdFeCoを膜厚10nmで形成し、基板のグループ深さを70nm、65nm、60nm、55nm、50nm、45nm、40nm、35nm及び30nmにした以外はこの実施例と同様にして種々の光磁気ディスクを作製した。この拡大トリガー層は、Tb、Gd、Fe、Coの単体ターゲットを同時スパッタし、補償温度が室温以下の垂直磁化膜となるよう、膜組成を調整した。拡大トリガー層4は140°Cで再生層3と記録層5の交換結合力を遮断する働きをする。これらの光磁気ディスクについて実施例11と同様にしてピットエラーレートを測定し、グループ深さDに対するピットエラーレートの変化を調べた。その結果を、図39に変形例として示した。最短マーク長は0.13μmである。Dの値

が35nm～65nmであるときに、良好なピットエラーレートを達成していることが分かる。

【0124】基板のグループ深さが、70nm以上に深い場合はグループの端が熱せられにくく記録マークの拡大再生が妨げられるからエラーレートが低下すると考えられる。一方、基板の深さが30nm以下となるとトラッキング信号が小さくなり、グループを追跡することができなくなった。それゆえ、グループ深さは30～70、特に35nm～65nmがこの例における光磁気ディスクに最適であることがわかる。

【0125】本実施例では、一例として波長650nmの再生レーザ光を使用したが、一般に基板に入射する入射光と基板からの反射光の位相差は、再生レーザー光の波長と基板の屈折率と基板のグループ深さによって一意的に決定されるので、この例からはグループ深さが入/ $12\text{n} \sim \lambda/7\text{n}$ の基板を有する光磁気ディスクが望ましいことがわかる。

【0126】  
【実施例12】基板1のグループ及びランドの形状寸法を表3のように作製した以外は、実施例10と同様に光磁気ディスクを作製した。

【0127】

【表3】

TP (μm)	G(μm)	L(μm)	G/L*	D (nm)	θ (°)
0.70	0.50	0.20	2.5	60	30
0.70	0.50	0.20	2.5	60	35
0.70	0.50	0.20	2.5	60	40
0.70	0.50	0.20	2.5	60	45
0.70	0.50	0.20	2.5	60	50
0.70	0.50	0.20	2.5	60	55
0.70	0.50	0.20	2.5	60	60
0.70	0.50	0.20	2.5	60	65
0.70	0.50	0.20	2.5	60	70
0.70	0.50	0.20	2.5	60	75
0.70	0.50	0.20	2.5	60	80

\* G/L は小数点第2位を四捨五入

【0128】本実施例においては、基板のランド側壁面（グループを区画する壁面）の傾斜角度θのみを変更して、表3に示した基板を用いて複数の光磁気ディスクを作製した。実施例10と同様にして、不図示の光磁気記録再生装置を用いて、ランダムパターンを記録再生した。各光磁気ディスクについて、ランド側壁面の傾斜角度θに対するピットエラーレートの変化を調べた。その結果を、図40に示した。ピットエラーレートの閾値（上限）を $5 \times 10^{-4}$ とした場合、図40より、θの値 $35^\circ \sim 77^\circ$ が好ましく、ピットエラーレートの閾値を $1 \times 10^{-4}$ とした場合、θの値 $40^\circ \sim 75^\circ$ が好ましい。

#### 【0129】

【比較例（ランド記録）】基板1のグループ及びランドを、トラックピッチ(TP) 0.70 μm、ランド半値幅(L) 0.20 μm、グループ半値幅(G) 0.50 μm、グループ深さ(D) 60 nm、ランド側壁面傾斜角度(θ)が $65^\circ$ となるように形成した以外は、実施例10と同様にして光磁気ディスクを作製した。次いで、この光磁気ディスクに、実施例10と同様にして、光磁気記録再生装置を用いて、ランダムパターンを記録再生した。但し、レーザー光の記録パワーを変化させ、ランド部に最短マーク長0.13 μmのランダムパターンを記録した。各記録パターンを再生してピットエラーレートの記録パワー依存性を調べた。図41にピットエラーレートの記録パワー依存性を表すグラフを示す。次いで、記録パワーを一定とし、再生パワーを変動させて再生した場合のピットエラーレートの再生パワー依存性を求めた。図42にピットエラーレートの再生パワー依存性を表すグラフを示す。閾値の上限として、いずれの場合も $1 \times 10^{-4}$ とした。

#### 【0130】

【参考例（グループ記録）】基板1のグループ及びランドを、トラックピッチ(TP) 0.70 μm、ランド半値幅(L) 0.20 μm、グループ半値幅(G) 0.50 μm、グループ深さ(D) 60 nm、ランド側壁面傾斜角度(θ)  $65^\circ$ になるように形成した以外は、比較例と同様に、光磁気ディスクを作製した。但し、この光磁気ディスクでは、グループにランダムパターンを、比較例と同様に記録した。ピットエラーレートの記録パワー依存性及び再生パワー依存性を調べた。その結果を、ランド記録と比較するために、図41及び図42に示す。

【0131】図41及び図42より、ランド部に情報を記録した場合に比べ、グループ部に情報記録した場合の方が、ピットエラーレートに対する記録及び再生のパワー感度を増大することができる事が分かる。これにより、光磁気記録再生装置のドライブ、ひいては光磁気記録再生装置自体の消費電力の低減が可能となる。

#### 【0132】

【実施例13】この例では図43に示すような構造の光磁気ディスク400を製造する。光磁気ディスク400は、拡大再生層3、中間層4及び記録層5以外は、実施例1で作製した光磁気ディスクと同様である。誘電体層2上に拡大再生層3として、希土類遷移金属合金GdFeを膜厚20 nmで成膜した。このGdFe膜は、キュリー温度が約 $200^\circ\text{C}$ 、補償温度がキュリー温度以上であった。拡大再生層3の $130^\circ\text{C}$ における飽和磁化は約 $50\text{emu/cm}^3$ であった。

【0133】拡大再生層3上に、中間層4として、補償温度が室温以下である希土類遷移金属合金TbGdFeCoを膜厚10 nmで成膜した。このTbGdFeCo膜のキュリー温度は、拡大再生層のキュリー温度より高く約 $220^\circ\text{C}$ であった。TbGdFeCo膜におけるT

bとGdの比率(Tb/Gd)は20%であり、FeとCoの比率(Fe/Co)は15%であった。中間層4の製膜後に、中間層の表面をわずかに窒化ないし酸化処理をする。

【0134】処理方法として、中間層4の製膜後にスパッタ装置の真空チャンバー内に窒素ないし酸素を混合したArガスを導入し、積層した中間層に対してスパッタエッチングを行なうことができる。この処理により中間層4の表面に薄い、例えば、1原子から数原子層の窒化層または酸化層が形成される。あるいは、この処理により、中間層4を構成するTbGdFeCoの表面に酸素原子または窒素原子が混入される。それゆえ、中間層4の表面部分のキュリー温度が低下する。この低下したキュリー温度が再生温度より低ければ、再生光照射によりこの表面部分の磁化が消失して、記録層と拡大再生層の交換結合力が遮蔽または遮断されることになる。それゆえ、中間層の磁化の温度変化とは独立に記録層と拡大再生層の交換結合力及びその温度変化を制御することが可能となる。そして、拡大再生層と結合した中間層の磁化が消失することなく、拡大再生層では再生時のある温度で臨界的に記録層との交換結合力から解放され、磁区が急峻に拡大し始め、最小磁区径まで拡大する。この拡大した磁区から大きな再生信号が得られる。

【0135】中間層の表面処理の程度は、スパッタガスとして窒素、酸素のArガスに対する分圧比や全ガス圧、投入パワー、スパッタエッチング時間などに依存するので、適宜調整することができる。重要なことは、中間層4と拡大再生層3の界面で交換結合力が遮蔽又は遮断される温度を、再生光のスポット中央部付近に発生する温度(高温)になるよう設定する。通常、この温度は160~180°Cであると考えられる。再生層及び記録層の交換結合力の温度変化は、前述のようにカーヒステリシスカーブのマイナーループの温度変化から測定することができる。

【0136】本実施例では、表面処理条件として、窒素を5%混入したArガスを0.3Paの圧力でチャンバー内に導入し、50WのRF電力を印加して3秒間のスパッタエッチングを行なった。これにより交換結合力が遮断される温度が160°Cであった。この交換結合力遮断温度は、中間層の表面処理により中間層のキュリー温度(約220°C)よりも低くなる。そのため、中間層4のキュリー温度は拡大再生層3のキュリー温度に対し独立に設定することができる。一般には、中間層4の表面処理により交換結合力遮断温度は中間層のキュリー温度よりも低くなるので、中間層4のキュリー温度は拡大再生層3のキュリー温度よりも高く設定するほうが効果的である。

【0137】上記のように表面処理した中間層4上に、記録層5としてキュリー温度が260°Cで補償温度が室温付近にある希土類遷移金属合金TbFeCoを膜厚4

0nmで成膜した。拡大再生層3、中間層4及び記録層5の3層は全て室温からキュリー温度まで垂直磁化膜であった。

【0138】上記のように構成した光磁気ディスクにおいては、中間層のキュリー温度が拡大再生層より高いが、中間層と記録層の界面の交換結合力を遮断する温度が160°Cであり、中間層のキュリー温度を150°Cとした実施例8と同じ温度で磁区拡大がおこるため、両者の記録再生特性はほとんど同じであった。

【0139】この例では、中間層を成膜後、中間層の表面を処理したが、拡大再生層を成膜後に拡大再生層の表面を上記と同様にして処理してもよいし、記録層の中間層側の表面を処理しても良い。あるいは、中間層と記録層の界面または中間層と拡大再生層の界面にその界面近傍のキュリー温度を低下させる物質をアイランド状に分布させるか、または1~数原子層の厚みで堆積させてもよい。キュリー温度を低下させる物質として希土類元素やニッケルを用い得る。あるいは中間層を堆積している途中で上記のような表面処理を行ってもよい。

【発明の効果】本発明の光磁気記録媒体を用いると、例えば、記録層5に直径0.3マイクロメートルの円形磁区が記録されていても充分に大きな再生信号が得られる。したがって、本発明では、磁区拡大を円滑に行えるようランド部あるいはグループ部をレーザーアニールすることや、特殊な製膜方法を使ってランド部とグループ部の境界部に付着する記録膜を薄くする等の複雑な処理は不要であり、通常の基板を用いても微小磁区から増幅された再生信号を得ることが可能である。

【0141】本発明の光磁気記録媒体は、記録層に記録された微小な磁区を、再生磁界を印加することなく、再生層に逆向きの磁化で転写して再生層で拡大することができ、また、DWDDやCAREDと異なり、3層構造と層数が少ないにも関わらずゴースト信号の発生もない。次世代型大容量光磁気記録媒体として極めて有効である。

【0142】光磁気記録媒体、特に、再生磁界を印加しないタイプのMAMMOSを利用した光磁気記録媒体の基板構形状を、上述の範囲における値で設計し、且つ、特に情報をグループに記録する方式を採用することにより、記録再生パワー感度の増大が可能となる。即ち、光磁気記録媒体への記録・再生における特性を従来のものよりも大幅に改善することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】再生層の磁区が拡大する原理を説明する図である((a)~(d))。

【図2】情報記録層と拡大再生層の間に生じる交換結合力及び反発力を説明する図である。

【図3】第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

41

【図 4】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 5】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 6】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 7】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 8】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 9】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 10】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 11】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 12】 第1のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図である。

【図 13】 第2のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する図であり、再生光が照射される前の再生層、中間層及び記録層の磁化の様子を示す。

【図 14】 第2のタイプの光磁気記録媒体における磁区拡大の原理について説明するための図であり、図 14 (a) は再生光が照射されている様子を示し、図 14 (b) は、(a) の状態から再生層の磁区が拡大する場合の様子を示し、図 14 (c) は、(a) の状態から再生層の磁区が縮小する場合の様子を示す。

【図 15】 図 15 (a) 及び (b) は再生層の磁区が拡大していないときの静磁エネルギー反発力と交換エネルギー引力との関係を示す図である。

【図 16】 図 16 (a) 及び (b) は第2タイプの光磁気記録媒体の再生層の磁区が拡大する様子を説明するための図である。

【図 17】 図 17 (a) 及び (b) は第2タイプの光磁気記録媒体の中間層の垂直磁気異方性が小さい場合の再生層の磁区拡大の様子を説明するための図である。

【図 18】 図 18 (a) 及び (b) は第2タイプの光磁気記録媒体においてゴースト信号が発生しない理由を説明するための図である。

【図 19】 磁区が拡大している拡大再生層の領域において記録磁区からの漏洩磁界の影響を受けないことを説明する図である。

【図 20】 実施例 1 で製造した光磁気記録媒体の概略断面図である。

【図 21】 実施例 1、10~13、比較例及び参考例で作製した光磁気記録媒体のランド及びグループの断面形状を概略的に示した図である。

【図 22】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクを異なる再生光パワーで再生したときの再生信号波形を示すグラフである。

42

【図 23】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクを再生したときのピットエラーレートの再生光パワー依存性を示すグラフである。

【図 24】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクを種々の記録光パワーで記録したときのピットエラーレートの記録光パワー依存性を示すグラフである。

【図 25】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクの交換結合力を求めるためのヒステリシスループを示すグラフである。

10 【図 26】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクの交換結合力の温度依存性を示すグラフである。

【図 27】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクの拡大再生層の厚み  $t \times$  鮎和磁化  $M_s$  に対するピットエラーレートの関係を示すグラフである。

【図 28】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクの基板のグループの深さ  $D$  に対するピットエラーレートの関係を示すグラフである。

20 【図 29】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクの基板の  $G/L$  比に対するピットエラーレートの関係を示すグラフである。

【図 30】 実施例 1 で製造した光磁気ディスクの基板のランド側壁の傾斜角度  $\theta$  に対するピットエラーレートの関係を示すグラフである。

【図 31】 実施例 2 において製造した光磁気ディスクのピットエラーレートと拡大再生層の厚み  $t$  の関係を示したグラフである。

【図 32】 実施例 8 で作製した光磁気記録媒体の概略断面図である。

30 【図 33】 実施例 8 の光磁気記録媒体に記録されたマーク長  $0.2 \mu m$  の孤立磁区を再生パワー  $1.5 mW$  及び  $3.0 mW$  で再生したときの再生波形である。

【図 34】 実施例 8 の光磁気記録媒体の  $C/N$  に対するマーク長依存性を示すグラフである。

【図 35】 最短マーク長  $0.12 \mu m$  の NRZ I ランダム信号記録時のアイバターンである。

【図 36】 本発明に従う記録再生装置の概略構成図である。

【図 37】 実施例 10~12、比較例及び参考例で作製した光磁気記録媒体の概略断面図である。

40 【図 38】 実施例 10 におけるピットエラーレートとグループ半値幅  $G$  及びランド半値幅  $L$  の比  $G/L$  との関係を示したグラフである。

【図 39】 実施例 11 におけるピットエラーレートとグループ深さ  $D$  との関係を示したグラフである。

【図 40】 実施例 12 におけるピットエラーレートとランド側壁面傾斜角度  $\theta$  との関係を示したグラフである。

【図 41】 比較例及び参考例におけるピットエラーレートと記録パワーとの関係を示したグラフである。

50 【図 42】 比較例及び参考例におけるピットエラーレ

ートと再生パワーとの関係を示したグラフである。

【図43】 実施例13の光磁気ディスクの構造を示す概略断面図である。

【図44】 交換結合力遮断温度を示すグラフである。

【図45】 交換結合力の温度勾配とピットエラーレートとの関係を示すグラフである。

【図46】 本発明の光磁気ディスクの120°C付近でのヒステリシス曲線を示す。

【図47】 式(2)が成立する第2のタイプの光磁気記録媒体の再生原理を説明する概念図である。

【図48】 図47に示した状態からさらに光磁気ディスクが光スポットに対して移動した状態を示す図である。

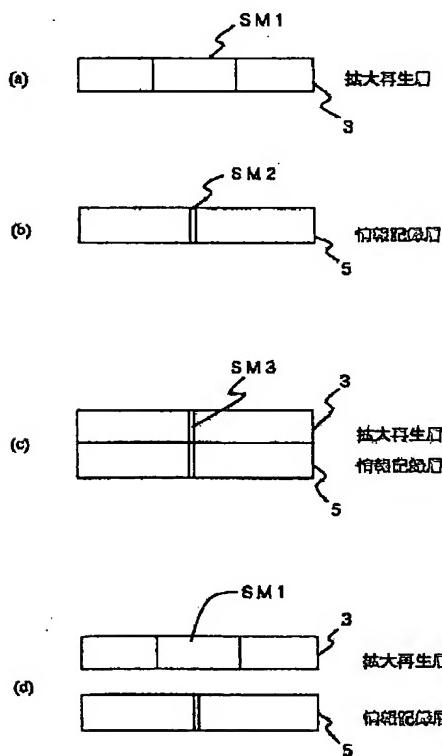
【図49】 FAD磁気超解像の原理を説明するための図である。

#### 【符号の説明】

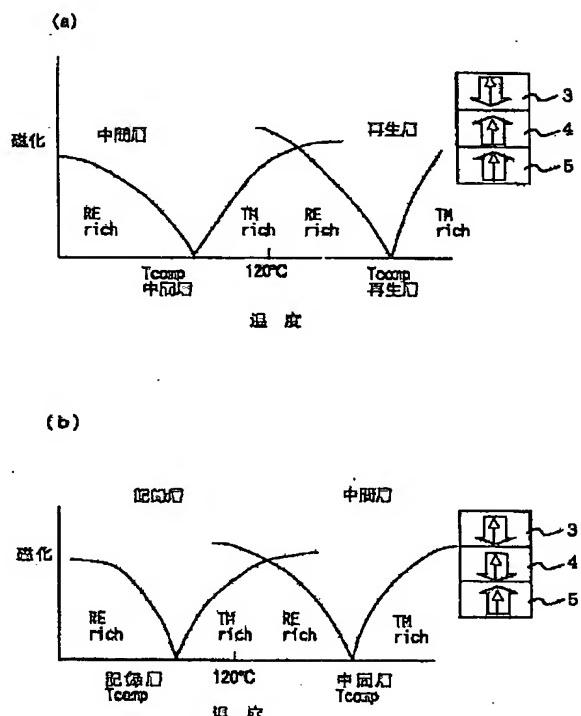
- 1 基板
- 2 誘電体層
- 3 再生層
- 4 中間層
- 4' 拡大トリガー層

- \* 5 記録層
- 6 補助磁性層
- 6' 記録補助層
- 7 保護層
- 8 ヒートシンク層
- 9 保護コート層
- 71 記録再生装置
- 100, 200 光磁気記録媒体
- 【要約】**
- 10 【課題】 ゴースト信号の発生を防止し、再生磁界を印加することなく磁区拡大再生することが可能な光磁気記録媒体及びその記録再生装置を提供する。
- 【解決手段】 光磁気記録媒体は、記録層5、中間層4及び再生層3を備える。再生層3は希土類金属優位の希土類遷移金属合金から形成され、中間層4及び記録層5は遷移金属優位の希土類遷移金属合金から形成される。中間層4は140°C以上で面内磁化を示すので再生時に記録層5と再生層3の交換結合力を遮断する。中間層4と再生層の静磁的反発力により、再生層3に転写された磁区3Aは最小磁区径の大きさに拡大する。ゴースト信号の発生を防止することができる。

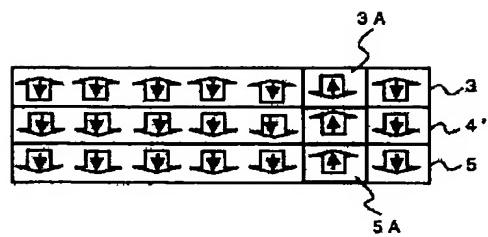
【図1】



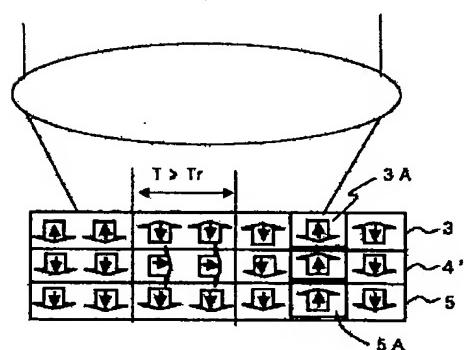
【図2】



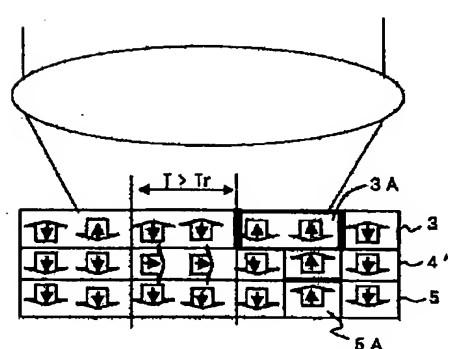
【図3】



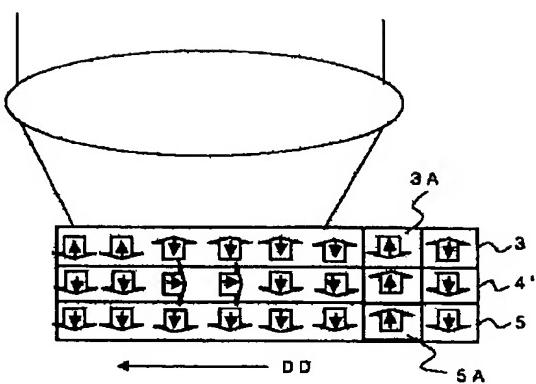
【図5】



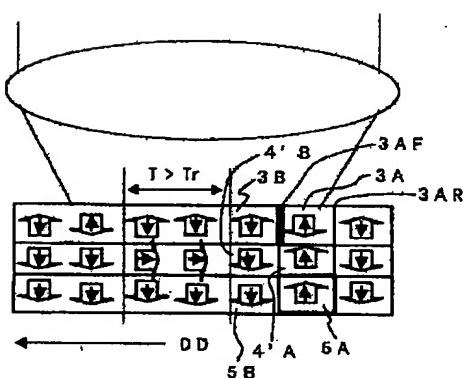
【図7】



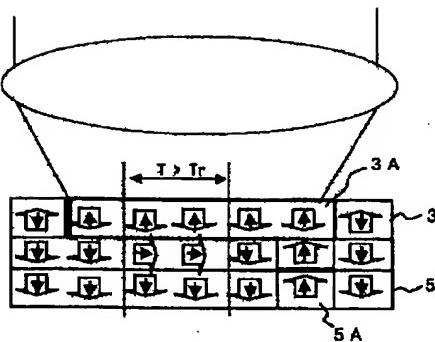
【図4】



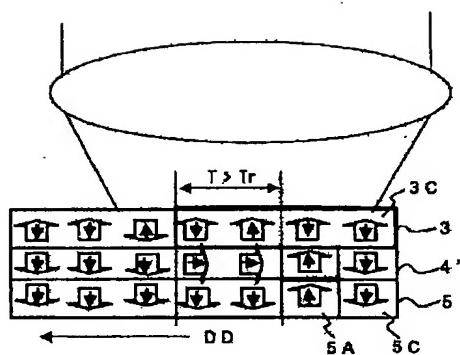
【図6】



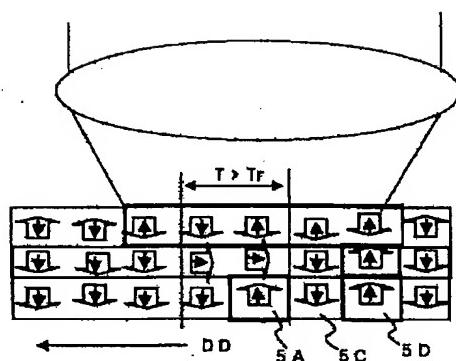
【図8】



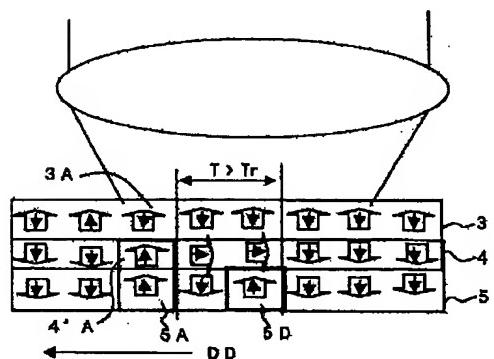
【図9】



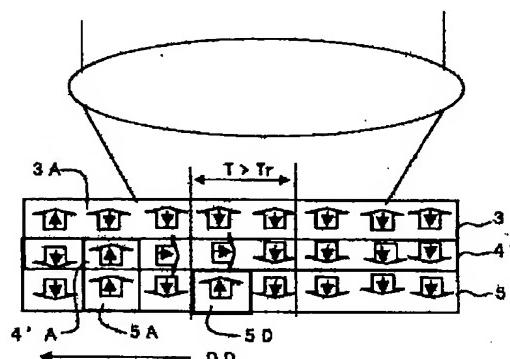
【図10】



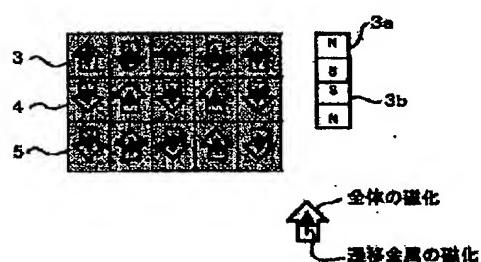
【図11】



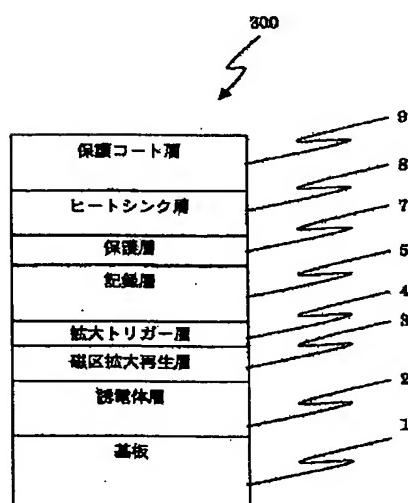
【図12】



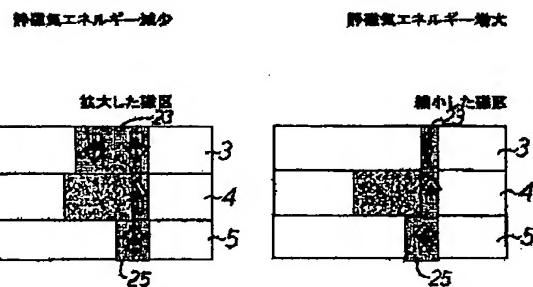
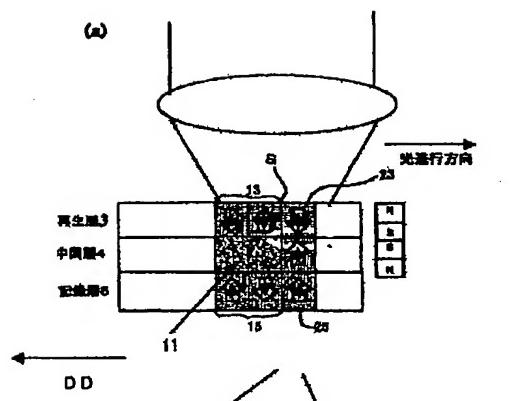
【図13】



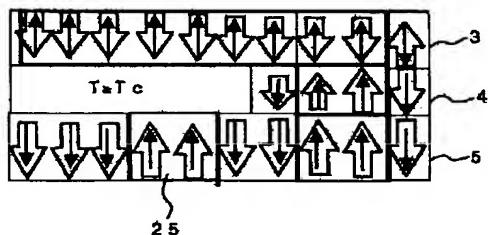
【図20】



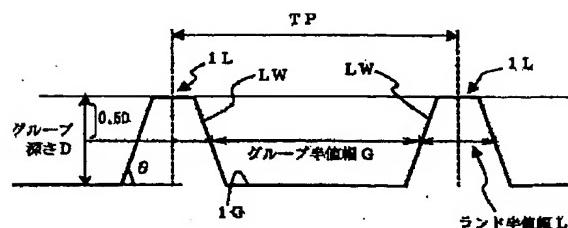
【図14】



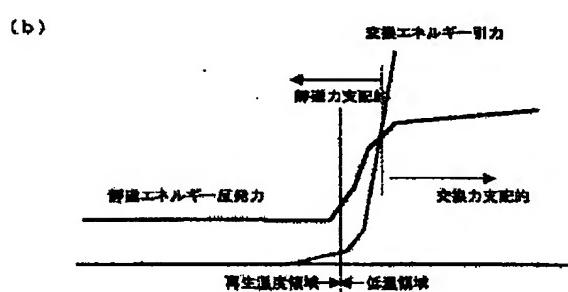
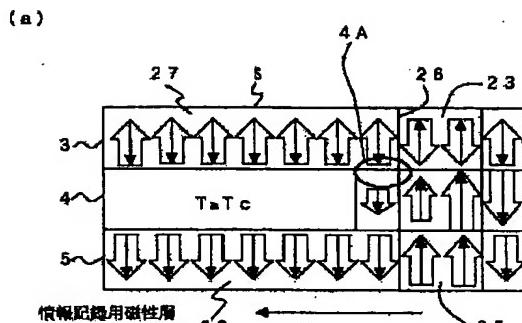
【図19】



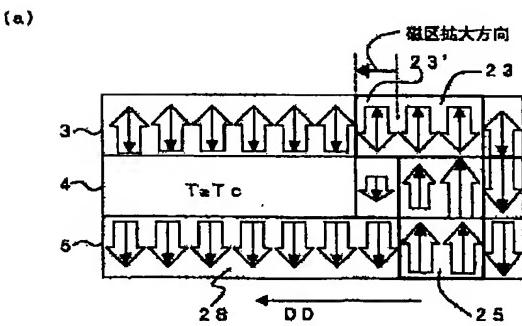
【図21】



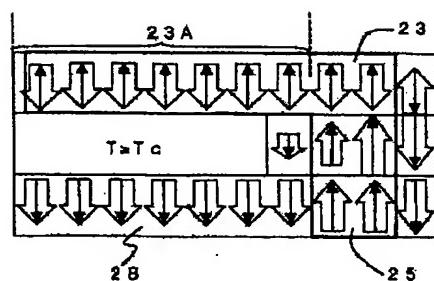
【図15】



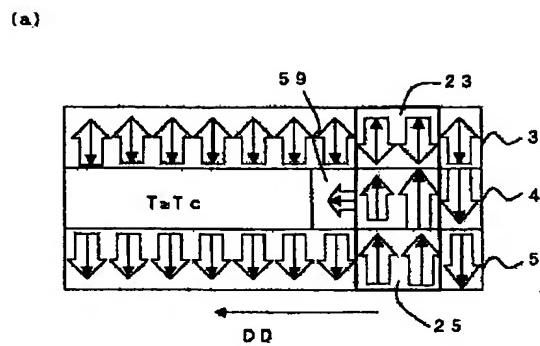
【図16】



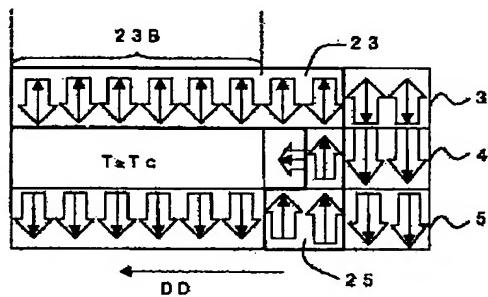
(b)



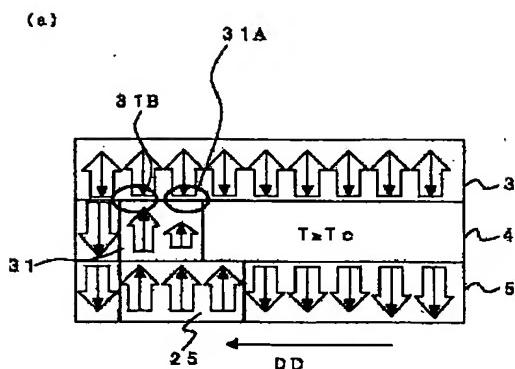
【図17】



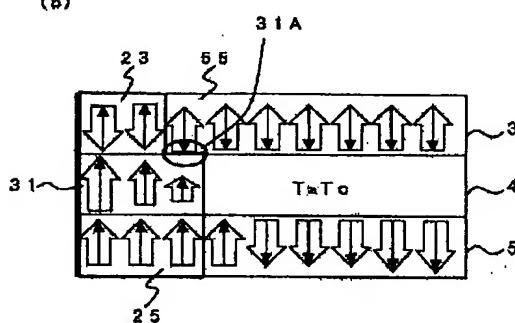
(b)



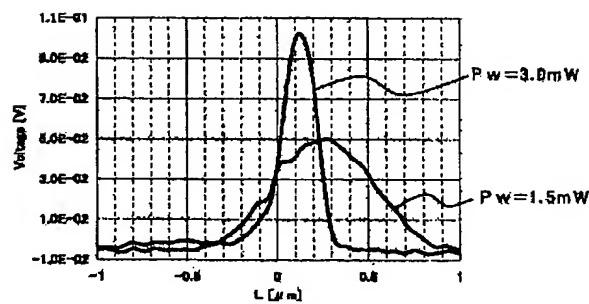
【図18】



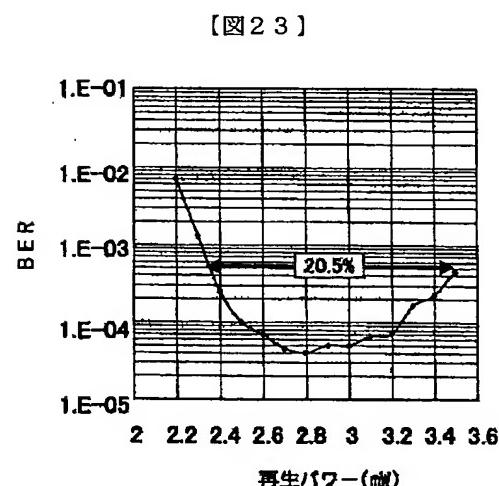
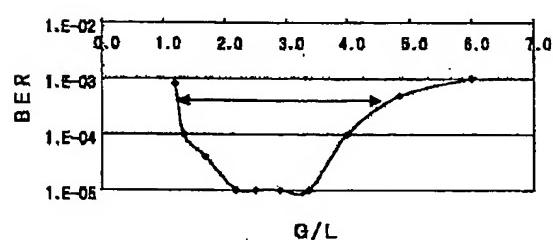
(b)



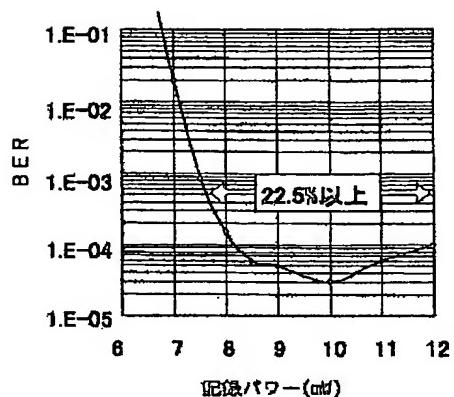
【図22】



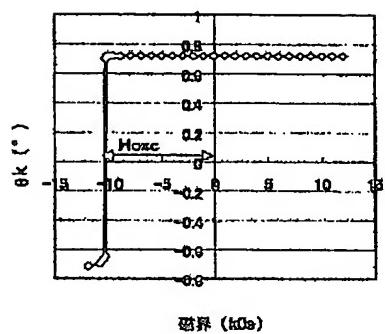
【図29】



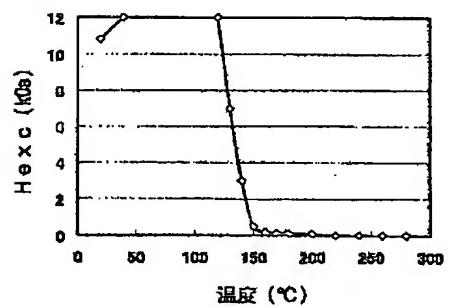
【図24】



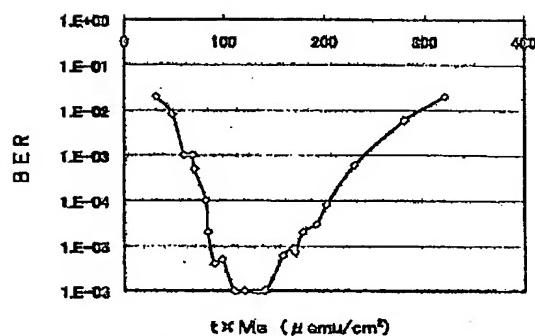
【図25】



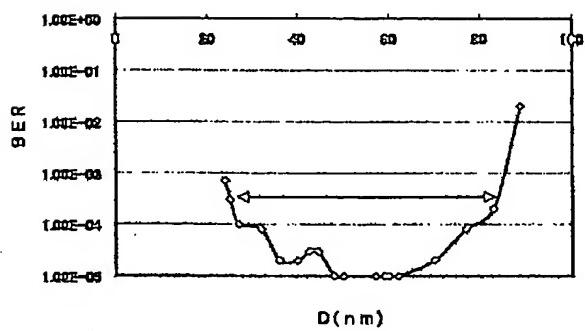
【図26】



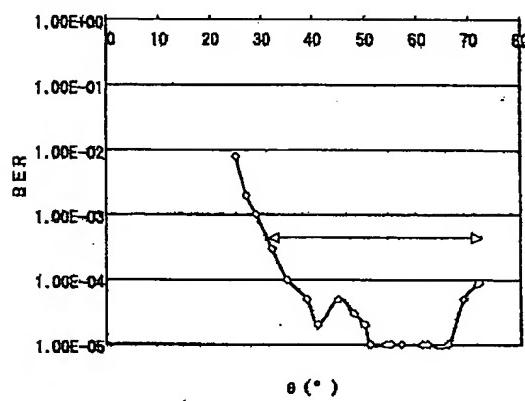
【図27】



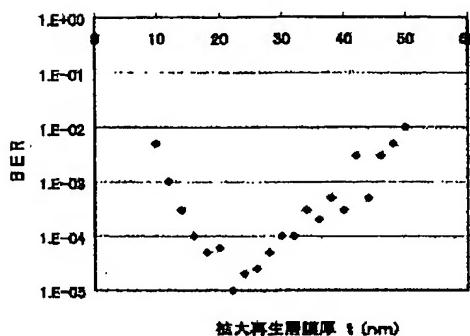
【図28】



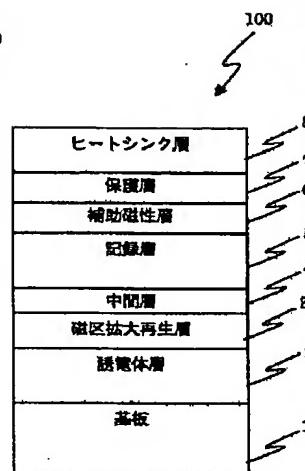
【図30】



【図31】



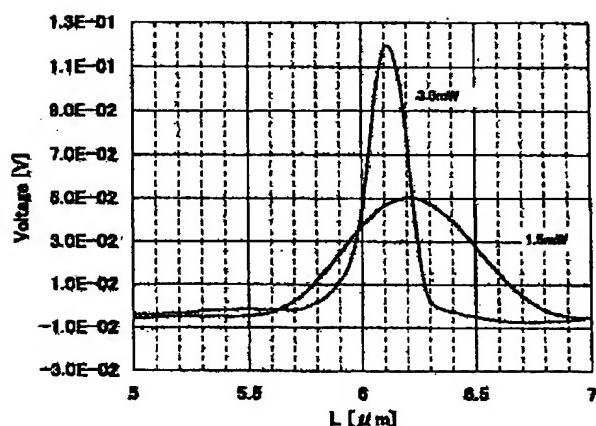
【図32】



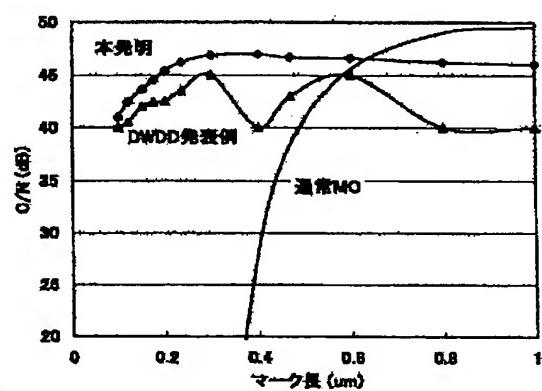
【図35】



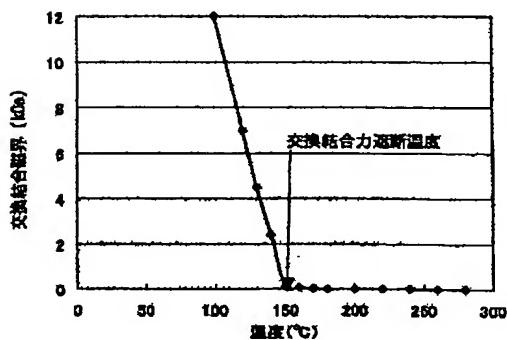
【図33】



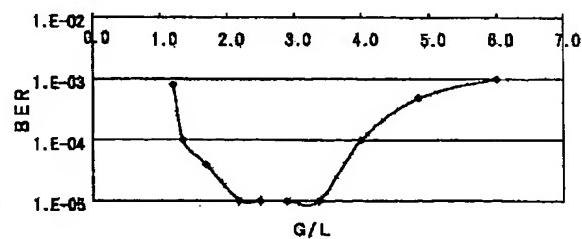
【図34】



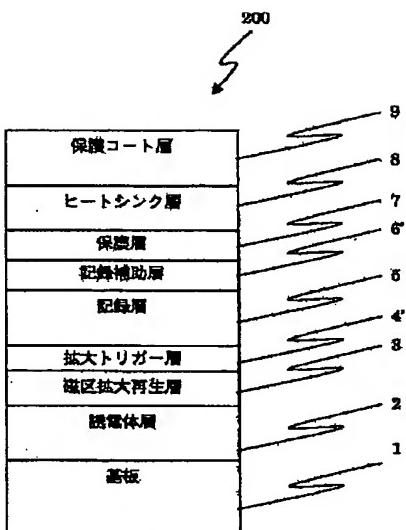
【図44】



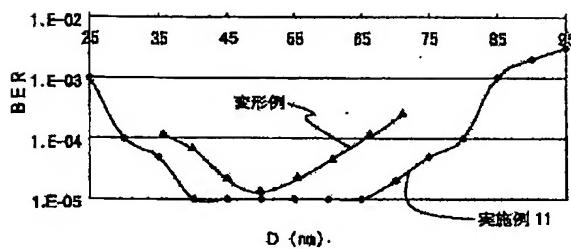
【図38】



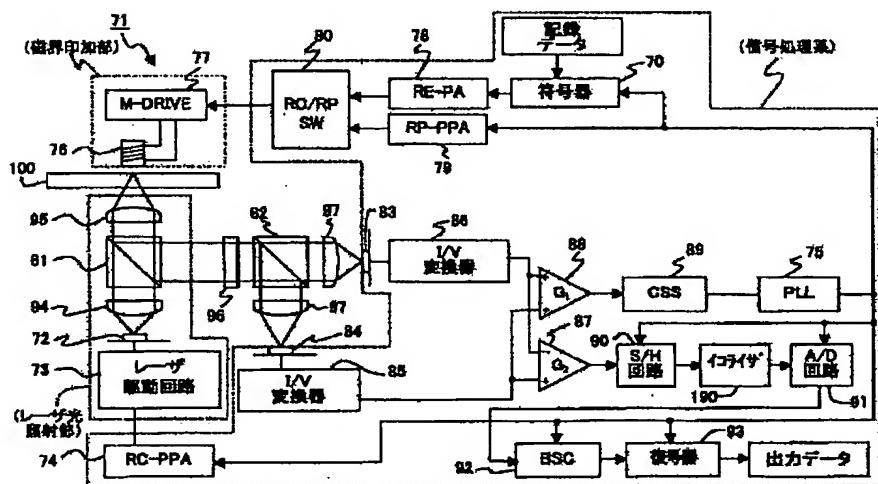
【図 37】



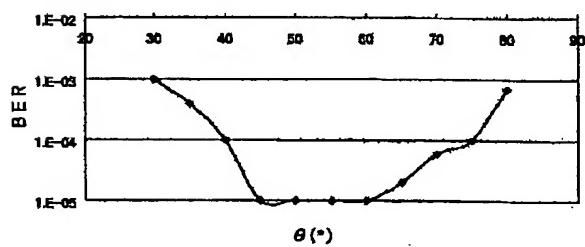
【図 39】



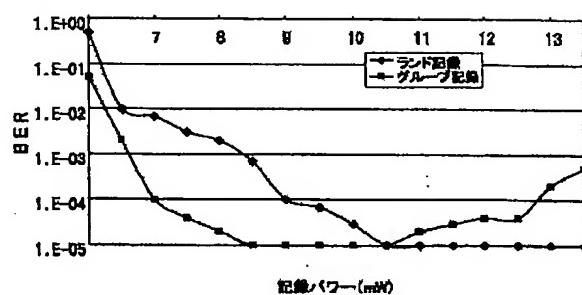
【図 36】



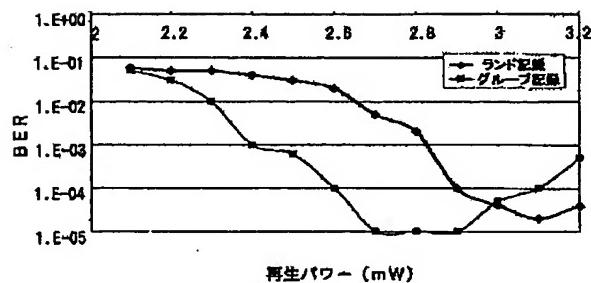
【図 40】



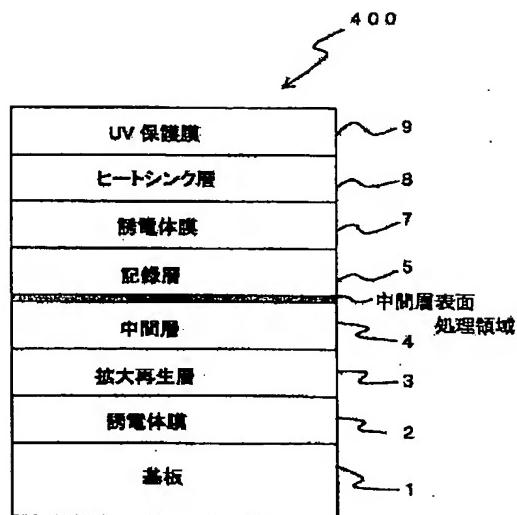
【図 41】



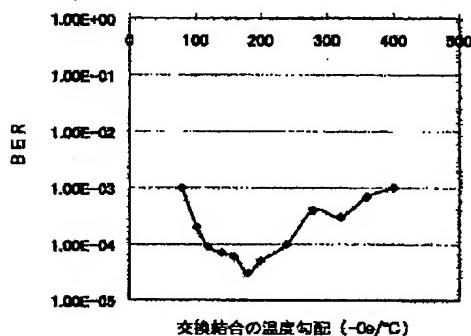
【図 4 2】



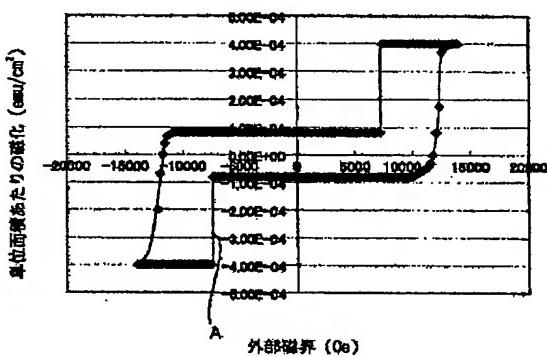
【図 4 3】



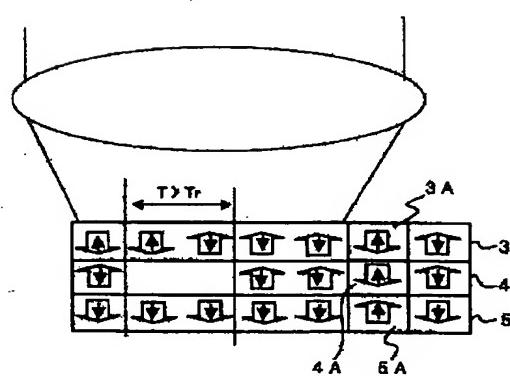
【図 4 5】



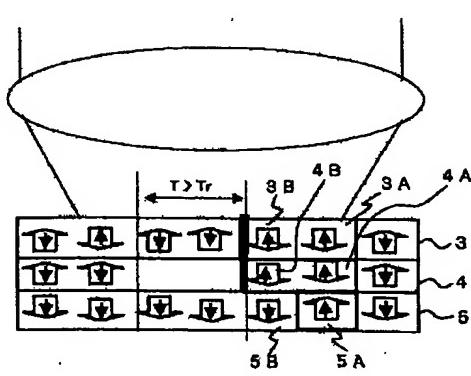
【図 4 6】



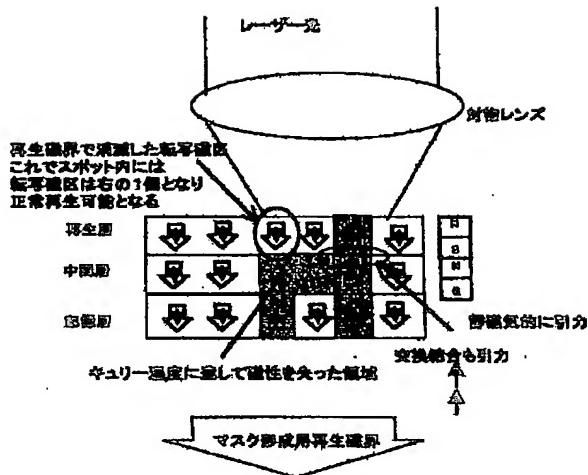
【図 4 7】



【図 4 8】



【図49】



## フロントページの続き

(51) Int.CI. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(72) 発明者	國府田 安彦
G 11 B 11/105	5 2 1	G 11 B 11/105	今井 瑞	大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内
	5 8 6		(72) 発明者	石崎 修
(72) 発明者	島崎 勝輔	(72) 発明者	大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内	
	大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内	(72) 発明者	大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内	
(72) 発明者	井上 和子	(56) 参考文献	特開2000-173117 (J P, A) 特開 平11-120636 (J P, A) 特開 平10-92031 (J P, A) 特開 平9-54994 (J P, A)	
(72) 発明者	鈴木 芳和			
	大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内	(58) 調査した分野(Int.CI. <sup>7</sup> , D B名)		

G11B 11/105